

Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 12.03.02 Опотехника
 Отделение материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема
Анализ условий внедрения систем управления освещением в учебных аудиториях образовательных учреждений

УДК 628.977:371.25

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В71	Демченко Ксения Денисовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОМ	Гречкина Татьяна Валерьевна	к. ф.-м. н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОБД	Черемискина Мария Сергеевна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ОПП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
«Опотехника»	Степанов С.А.	к. ф.-м. н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код	Результат освоения ООП
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной форме на государственном и иностранном (-ых) языке
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этническом и философском контекстах
УК(У)-6	способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течении сей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций.
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики
ОПК(У)-2	Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий
ОПК(У)-3	Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат
ОПК(У)-4	Способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности
ОПК(У)-5	Способность обрабатывать и представлять данные экспериментальных исследований
ОПК(У)-6	Способность собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования
ОПК(У)-7	Способность использовать современные программные средства подготовки конструкторско-технологической документации
ОПК(У)-8	Способность использовать нормативные документы в своей деятельности
ОПК(У)-9	Способность владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны

Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность к математическому моделированию процессов и объектов опто-техники и их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов
ПК(У)-2	Способность к проведению экспериментальных измерений оптических, фотометрических и электрических величин и исследования различных объектов по заданной методике
ПК(У)-3	Готовность формировать презентации, научно-технические отчеты по результатам выполненной работы, оформлять результаты исследований в виде статей и докладов на научно-технических конференциях
ПК(У)-4	Способность к наладке, настройке, юстировке и опытной проверке оптических, оптико-электронных приборов и систем
ПК(У)-5	Способность к анализу, расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов оптотехники на схемотехническом и элементном уровнях
ПК(У)-6	Способность к оценке технологичности и технологическому контролю простых и средней сложности конструкторских решений, разработке типовых процессов контроля параметров механических, оптических и оптико-электронных деталей и узлов
ПК(У)-7	Способность к участию в монтаже, наладке, настройке, юстировке, испытаниях, сдаче в эксплуатацию опытных образцов, сервисном обслуживании и ремонте оптической техники
ПК(У)-8	Способность к расчету норм выработки, технологических нормативов на расход материалов, заготовок, инструмента, выбору типового оборудования, предварительной оценке экономической эффективности техпроцессов
ПК(У)-9	Способность к разработке технических заданий на конструирование отдельных узлов приспособлений, оснастки и специального оборудования, предусмотренных технологией
ПК(У)-10	Способность к участию в работах по доводке и освоению техпроцессов в ходе технологической подготовки производства оптических и оптико-электронных приборов
ПК(У)-11	Способность к организации входного контроля материалов и комплектующих изделий
ПК(У)-12	Способность к внедрению технологических процессов производства, метрологического обеспечения и контроля качества оптических и оптико-электронных приборов и их элементов

Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 12.03.02 Опотехника
 Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Степанов С.А.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4В71	Демченко Ксения Денисовна

Тема работы:

Анализ условий внедрения систем управления освещением в учебных аудиториях образовательных учреждений

Утверждена приказом директора (дата, номер)	
---	--

Срок сдачи студентом выполненной работы:	02.06.2021
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – объект исследования: учебные аудитории; наблюдения за текущим состоянием освещения учебных аудиторий (в рабочее время, при разных погодных условиях и состоянии неба и т.п.); – измерительная техника (люксметр); – программный комплекс DIALux evo.
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Анализ условий внедрения систем управления освещением в учебных аудиториях образовательных учреждений: <ul style="list-style-type: none"> – анализ светотехнического оборудования по теме проекта;

<p>процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<ul style="list-style-type: none"> – нормы и правила искусственного освещения на рабочих местах и выполнения зрительных задач в учебных аудиториях; – системы управления освещением, в том числе для целей образовательных учреждений; – системы контроля естественной освещенности, сбалансированное освещение с учетом циркадных ритмов; – вопросы цветопередачи освещения в системах управления освещением. <p>2. Исследовательская часть работы. Наблюдения, измерение освещенности в текущем состоянии ОУ и факторов влияющих на состояние освещенности в учебных аудиториях.</p> <p>3. Проектное решение:</p> <ul style="list-style-type: none"> – подбор и расстановка светотехнического оборудования, с учетом элементов или системы управления; – расчет светотехнической части проекта; – технико-экономическое обоснование.
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>3D модели объекта, план расположения светотехнического оборудования, демонстрация сцен освещения с элементами управления, визуализация проекта освещения</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСТН ШБИП, к.э.н. Маланина Вероника Анатольевна
Социальная ответственность	Ассистент ОБД Черемискина Мария Сергеевна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.10.2020 г.
--	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Гречкина Т.В.	к. ф.-м. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В71	Демченко Ксения Денисовна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕ-
РЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4В71	Демченко Ксения Денисовна

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	12.03.02 «Оптотех-ника»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Проект выполнен на базе учебных аудиторий ТПУ отделения материаловедения. В реализации проекта задействованы 2 человека: руководитель проекта и инженер-светотехник
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Размер страховых взносов = 30,2% в соответствии с Федеральным законом от 05.08.2000 N 117-ФЗ (ред. от 20.04.2021)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование работ по проекту (цели и результат проекта, структура и перечень работ) Смета проектной работы
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина В.А.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В71	Демченко Ксения Денисовна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4В71	Демченко Ксении Денисовне

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	«Оптотехника»

Тема ВКР:

Анализ условий внедрения систем управления освещением в учебных аудиториях образовательных учреждений	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Рабочая зона: учебные аудитории ТПУ корпус 16Б №233 и №235</p> <ul style="list-style-type: none"> — Характеристики рабочей зоны: длина - 8,5м, ширина - 5,8м, высота - 2,8м; — Интерьер: белые потолки, светлые однотонные стены, темный пол; — Освещение создаётся люминесцентными и светодиодными лампами; — Оснащена системой противопожарной безопасности и огнетушителем <p>Область применения: Учебные аудитории любого типа и назначения</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> — специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; — организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> — СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (с Изменением N 1) — ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. — Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (с изменениями на 01.04.2019) — СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания — ГОСТ 12.4.124-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования.

2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы рабочей зоны: — Недостаточная освещенность рабочей зоны; — Отклонение показателей микроклимата в помещении; — Повышенная напряженность зрения — Нервно-психические перегрузки. Опасный фактор рабочего места инженера-проектировщика: — Электробезопасность; — Пожаровзрывобезопасность.
3. Экологическая безопасность:	Выделения вредных веществ при неправильной утилизации источников света и компонентов ПК.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС: поражение электрическим током, поломка оборудования. Наиболее типичная ЧС: Пожар, короткое замыкание.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	15.01.2021
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В71	Демченко Ксения Денисовна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 86 страниц, 19 рисунков, 37 источников, 0 приложений.

Ключевые слова: учебная аудитория, освещенность, дневной свет, искусственное освещение, световые приборы, управление освещением.

Объектом исследования является: комплекс аудиторий НИ ТПУ корпуса 16 «Б», 3D модель внутреннего помещения аудиторий.

Целью настоящей работы является анализ по условиям внедрения управления освещением в учебных аудиториях образовательных учреждений, учитывая влияние естественной освещенности в регионе г. Томск.

В результате исследования: проведен анализ существующих освещенных помещений аудиторий НИ ТПУ корпусов 16 «Б», построена 3D модель внутреннего помещения аудиторий. Также проведен анализ климатических сезонных изменений уровня естественной освещенности в г.Томск, Томская область. В качестве метода экспериментального исследования были проведены измерения освещенности от дневного света в учебной аудитории с помощью люксметра.

Область применения: образовательные учреждения общеобразовательных организаций, образовательных организаций высшего образования и иных.

Экономическая эффективность/значимость работы: учет параметров естественного и искусственного освещения при оптимизации световых условий и внедрение управления освещением в образовательных учреждениях.

В будущем планируется: опубликование полученных данных в рецензируемых изданиях по тематике исследований.

Содержание

Введение	11
1. Обзор литературы по анализу аспектов, влияющих на формирование искусственного освещения в учебных аудиториях образовательных учреждений	13
1.1 Источник света и световые приборы для целей освещения учебных аудиторий	14
1.2 Нормы освещения в образовательных учреждениях	17
1.3 Факторы изменений, определяющие условия формирования освещения внутри помещения	20
1.3.1 Биодинамическое освещение	20
1.3.2 Роль и учет дневного света	22
2. Интеллектуальное освещение в образовательных учреждениях	24
2.1 Цифровая среда управления освещением	24
2.2 Цифровые компоненты организации процессов управления освещением	29
3. Разработка осветительной установки по принципу управления освещением	32
3.1 Представление и анализ экспериментальных данных	32
3.2 3D модель аудиторий на базе программы DIALux Evo 9.0	43
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	51
5. Социальная ответственность	69
Заключение	81
Список литературы	83

Введение

Образовательный процесс — это повседневный труд, вовлеченность учащихся в познание себя, своих умений и навыков, развитие умственных способностей на благо и развитие самых разных сфер взаимодействия со знанием, трудового и профессионального роста. Учебный процесс, как правило, тесно связан с его реализацией в учебных аудиториях образовательных учреждений. Немаловажную роль в этом играет свет. Свет, как неотъемлемая часть искусственного освещения пространства комнаты, аудитории, рабочего места. Заполнение пространство светом носит позитивный и рабочий настрой, является необходимостью освещения в темное время суток. Но всегда ли мы следим за тем, что в помещении света достаточно, а может его много? Обращаем ли внимание на присутствие солнечного света в помещении и не тратим ли свет искусственный напрасно?

Настоящая работа направлена на обращение внимания к пользованию светом в режиме управления освещением. Это один из способов сбалансированного и качественного света. В учебных кабинетах и производственных мастерских обучающихся целесообразно применять системы плавного автоматического светорегулирования, обеспечивающие поддержание нормируемой горизонтальной освещенности совместным действием естественного и искусственного освещения [1]. Здесь важной ролью является управление искусственной освещенностью в помещении, учитывая факторы присутствия естественной освещенности, в частности в учебных аудиториях. Пользование искусственным светом в учебных и образовательных учреждениях — важный климатический аспект и необходимый ресурс для осуществления учебной деятельности всеми участниками процесса.

При использовании систем управления освещением преподаватель и учащиеся могут не рассеивать своё внимание, отвлекаясь от учебного процесса, на факторы недостаточного или избыточного освещения в помещении. Вместо биологических неточностей на реагирование организма на изменение освещения в помещении сработает специально настроенная техническая система. Что

позволит убрать дискомфорт и избавит от неудобств ручного использования управления искусственным освещением в образовательном учреждении. Имеют место интеллектуальные системы, которые можно настроить на работу по расписанию самостоятельно или системы, которые научатся сами подстраиваться под пользователя и под его ритм жизни [2]. Подход интеллектуальной (цифровой) коммуникации освещения — тенденция будущих разработок и внедрений в осветительные установки, при этом примером активного пользования и апробации могут стать учебные аудитории и здания образовательных учреждений.

Данное направление процессов управления освещением носит актуальный и острый характер, особенно в условиях масштабных задач энергосбережения или перераспределения ресурсов энергопотребления, а также является неотъемлемой частью направления по сохранению здоровья человека.

Целью данной работы является выполнить анализ по условиям внедрения управления освещением в учебных аудиториях образовательных учреждений.

Объект исследования и предмет: комплекс аудиторий НИ ТПУ корпуса 16 «Б», 3D модель внутреннего помещения аудиторий.

Предмет исследования – освещение в учебных аудиториях образовательного учреждения.

Научная или практическая новизна – внедрение систем управления освещением в учебные аудитории для уменьшения электропотребления со стороны осветительных установок.

Практическая значимость результатов ВКР – актуально для образовательных учреждений всех типов для комплексных задач энергосбережения в освещении.

Реализация и апробация работы – в процессе выполнения работы был проведен лит обзор, касающийся освещения в образовательных учреждениях, проведен анализ условий дневного света в учебных аудиториях, была реализована система по управлению освещением в программном комплексе DIALux Evo.

1. Обзор литературы по анализу аспектов, влияющих на формирование искусственного освещения в учебных аудиториях образовательных учреждений

Процесс обучения для подрастающего поколения достаточно сложен. Для лучшего освоения учебной программы и более качественного развития требуется много трудовых ресурсов. И чтобы развитие обучающихся проходило проще, в том числе и для преподавателей, их внимание акцентируют с помощью освещения. К нормам по освещению применяются достаточно строгие к образовательным классам и аудиториям. Условия плохой освещенности могут нанести вред как зрительной системе человека, так и его психическому здоровью.

К освещению в учебных аудиториях, лабораториях и других помещений в образовательных организациях нужно относиться ответственно при его проектировке, чтобы добиться качественного освещения. Также в последнее время уделяют много внимания на экономическую составляющую этого вопроса. Дабы получить все требуемые качества в реальной жизни, нужно учесть факторы концентрации внимания на занятиях у преподавателей и обучающихся, чтобы добиться больше успехов во время обучения, а именно: правильное акцентирование внимания студентов и школьников на рабочей доске, при этом не ослепляя преподавателя; и нововведение – возможность не реагировать на смену дневного освещения в процессе обучения путём использования систем управления освещением.

Для повседневных рабочих будних чаще используют светильники рассеянного света с естественно нейтральным белым светом (3500 - 5000 К) , который максимально сможет приблизить обстановку в помещении к естественному рассеянному свету неба. Согласно СП 256.1325800.2016 Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа (с Изменениями № 1, 2, 3) «В качестве источников света в учреждениях общеобразовательных организаций и профессиональных образовательных организаций применяются люминесцентные лампы (кроме галофосфатных), светодиоды и иные источники света в соответствии с действующими санитарно-гигиеническими нормами и

правилами, устанавливающими требования к искусственному освещению, и в соответствии с [3]». То есть, в образовательных учреждениях можно применять на одинаковом уровне как люминесцентные источники света, так и светодиодные, главное обеспечить энергоэффективность всей осветительной системы и сократить расходы на электроэнергию в процессе установки и работы этой системы.

1.1 Источник света и световые приборы для целей освещения учебных аудиторий

Световые приборы можно разделить на несколько видов по типу использования, по месторасположению, по функционалу и другие. Но в конкретной ситуации интересны световые приборы для внутреннего освещения. Эти светильники отличаются от приборов наружного освещения герметичностью, износостойкостью (если брать в расчёт влияние таких природных факторов как дождь, прямые солнечные лучи и иные), габаритами, типами рассеивателя и т.д.

Также осветительное оборудование можно классифицировать на два вида по применяемому источнику света: встроенный и сменяемый. Встроенные обычно современные светильники со светодиодными источниками. Сменяемыми могут быть также светодиодные лампы, люминесцентные, галогеновые и множество других, что делает эти светильники более широко используемыми и «вечными».

Источниками света в образовательных учреждениях преимущественно являются светодиодные и люминесцентные лампы. Так как светодиоды имеют большой ресурс – они быстро вошли в обиход, ведь срок службы светодиодной лампы составляет порядка 100 тыс. часов, а люминесцентной всего 10 тыс. часов. Ещё у них более высокий КПД - порядка 80%, а вот, например, у галогеновой уже около 50% [4]. Светодиодные источники считаются менее опасными для здоровья человека, хотя бы потому что при их падении на твердую поверхность и деформации при этом из них не выделяются пары ртути. Вдобавок светодиодные источники имеют меньший коэффициент пульсации (примерно 5%, а у

люминесцентных 50%), что тоже немаловажно при кропотливой работе и их спектр более приближен к естественному свету. Но и эти источники отличаются своими недостатками, например существует множество люминесцентных ламп с большей энергоэффективностью и индекс цветопередачи для светодиодных в среднем варьируется от 75 до 90 Ra, а у люминесцентных от 80 до 95 Ra. По мнению авторов: «Вокруг светодиодных источников ходит множество споров, на счет их вреда здоровью из-за их интенсивности излучения в синем и голубом спектрах, но всё же именно эти источники считаются лучшими в наши дни» [5,6].



Рисунок 1 – Примеры осветительных установок в учебных аудиториях: а - с использованием встроенных потолочных светильников, б - с использованием подвесных светильников, в - фрагмент освещения учебной доски

Для общеобразовательных помещений по способу установки чаще используются следующие типы светильников: потолочные, подвесные, акцентные.

В потолочных используется как встроенный источник света, так и сменяемый. В них обязательно должен присутствовать рассеиватель для более комфортного общего освещения. В таких приборах рассеянный свет распределяется по пространству равномерно, так как сам источник света скрыт от глаз наблюдателя. Также имеют место светильники с отражателем и рассеивателем. У светильников с отражателем и рассеивателем форма отражателя создаёт направление, в котором будет выходить излучение, а рассеиватель позволяет воспринимать свет однородным с поверхности светильника.

К потолочным светильникам удобнее применить систему дистанционного управления, так как через потолок будет проще скрыть провода для системы контроля освещения. Также эти светильники являются распространенными в образовательных учреждениях, ведь они есть во всех классах и аудиториях.

Подвесные светильники часто используют для помещений с высокими потолками или натяжными в старых зданиях, так как потолочные туда установить будет немного сложнее.

Акцентные светильники можно установить на любую поверхность: потолок, стена. Здесь же имеется их преимущество установки над доской, так как у них можно легко изменить угол наклона и направить освещение куда угодно. Их также можно встретить как светильники с отражателем. В них отсутствует рассеиватель и рефлектор в них направляет свет вверх, вниз или в любую сторону. Это освещение не такое равномерное, как общее освещение в большом пространстве, однако свет от них получается на небольшой площади вполне однородный за счет отражения света от освещаемых поверхностей.

1.2 Нормы освещения в образовательных учреждениях

По конструктивному исполнению искусственное освещение подразделяют на общее, местное и комбинированное. Наибольший интерес в образовательных учреждениях вызывает общее освещение - светильники размещаются в верхней зоне помещения (на потолке) и в районе доски – комбинированное.

Таблица 1 - Типы образовательных учреждений

Тип образовательной организации	Реализуемые образовательные программы	Примеры учреждения
Дошкольная образовательная организация	Образовательные программы дошкольного образования, присмотр и уход за детьми	Детские сады, клубы раннего развития детей, детские центры
Общеобразовательная организация	Образовательные программы начального общего, основного общего и (или) среднего общего образования	Школы, интернаты
Профессиональная образовательная организация	Образовательные программы среднего профессионального образования и (или) программы профессионального обучения	Колледжи, техникумы, училища
Образовательная организация высшего образования	Образовательные программы высшего образования и научная деятельность	Университеты, институты
Организация дополнительного образования	Дополнительные общеобразовательные программы	Музыкальные и художественные школы, кружки творчества и другие
Организация дополнительного профессионального образования	Программы подготовки научно-педагогических кадров, программы ординатуры, дополнительные общеобразовательные программы, программы профессионального обучения	Организации для повышения квалификации, программы профессиональной переподготовки

Каждая образовательная организация характеризуется длительностью пребывания обучающихся в помещении. Поэтому от количества часов нахождения людей в помещении зависит влияние искусственного освещения на учащихся. Дошкольные организации могут быть с кратковременным пребыванием - до 5 часов в день, сокращенного дня – от 8 до 10 часов в день, полного дня – до 12 часов в день, продленного дня до 14 часов в день и круглосуточным пребыванием

детей. Количество времени прибывания зависит от учебных часов для каждого возраста и категории образовательной программы.

Превышение указанных выше нормативов недопустимо. Гигиенические требования также устанавливают требования к максимальному общему объему недельной образовательной нагрузки обучающихся:

Таблица – 2. Максимально допустимая аудиторная недельная нагрузка
(в академических часах) [7]

Классы	Максимально допустимая недельная нагрузка в академических часах	
	При 5-ти дневной неделе, не более	При 6-ти дневной неделе, не более
Начальное общее образование		
1	21	—
2-4	23	26
Основное общее образование		
5	29	32
6	30	33
7	32	35
8-9	33	36
Среднее общее образование		
10-11	34	37

Внеурочная деятельность должна занимать до 10 академических часов для любого возраста.

В документе СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (с Изменением № 1) приведены основные нормы освещения, некоторые из них представлены в таблице 3 согласно [3].

Таблица 3

Нормативные показатели освещения учреждения общего образования, начального, среднего и высшего специального образования, по данным [3]

Помещение	Плоскость (Г -горизонтальная, В - вертикальная) нормирования освещенности	Разряд и подразряд зрительной работы	Освещенность рабочих поверхностей при общем освещении, лк	Освещенность рабочих поверхностей при комбинированном освещении, лк
Классные комнаты, аудитории, учебные кабинеты, лаборатории общеобразовательных организаций, интернатов, профессиональных образовательных организаций	В - на середине доски	А-I	500	-
	Г-0,8 - на рабочих столах и партах	А-II	400	-
Аудитории, учебные кабинеты, лаборатории техникумов и высших учебных заведений	Г-0,8	А-II	400	-
Кабинеты информатики и вычислительной техники	В - на экране дисплея	-	200	500/300
Кабинеты технического черчения и рисования	В - на доске	А-I	500	-
	Г -0,8 - на рабочих столах и партах	А-I	500	-
Лаборантские при учебных кабинетах	Г -0,8	А-II	400	500/300
Мастерские по обработке металлов и древесины	Г -0,8 - на верстаках и рабочих столах	Б-III	300	1000/200
Кабинеты обслуживающих видов труда	Г -0,8 - на рабочих столах	А-II	400	-
Инструментальные комнаты мастера -инструктора	Г -0,8	Б-I	300	-

Примечание: для зрительных работ I–V разрядов, если продолжительность зрительной работы составляет больше половины рабочего дня. I разряд зрительных работ – характеристика наивысшей точности зрительной работы. II разряд зрительных работ – характеристика очень высокой точности зрительной работы. III разряд зрительных работ – характеристика высокой точности зрительной работы. Подразряды: А имеет контраст объекта с фоном – малый, характеристика фона – темный; Б имеет контраст объекта с фоном – малый и средний, характеристика фона – средний и темный.

1.3 Факторы изменений, определяющие условия формирования освещения внутри помещения

Сокращение лишних затрат и оптимизация учебного процесса действительно важны. Всё ещё используемые в образовательных учреждениях люминесцентные лампы имеют эффект мерцания и могут давать свет разных оттенков. Это неидеальное решение для будущего поколения. Но чтобы выделить важные факторы для улучшения учебного процесса, нужно проанализировать два взаимовыгодных фактора для сбалансированного освещения внутри помещения: биоадаптированного освещения - условия биодинамического влияния и фактора адаптированного состояния человека, а также фон естественной освещенности или присутствия, имеющий условия проникновения в помещения учебных аудиторий. Подстройка этих условий в среду длительного пребывания в учебных аудиториях, даёт возможность постоянства и контроля, комфорта и удобного сервиса.

1.3.1 Биодинамическое освещение

На протяжении долгого времени солнце было единственным источником света для человека, и оно же влияло на наши циркадные ритмы – сон в темноте и бодрость при свете дня. Но даже в течение дня свет меняется, а люди сами по себе этого практически не замечают, в отличие от нашего организма.

Рассмотрим влияние света на человека в повседневной обстановке. Организм ежедневно реагирует на изменяющуюся цветовую температуру в течение дня. Для стимулирования всех процессов в организме используют более холодный свет, для успокаивания - теплый свет. Сейчас создано множество светильников, способных варьировать в течение дня цветовую температуру и этим определенно нужно пользоваться. Также появилась возможность регулирования интенсивности света. Например, в обеденное время большая интенсивность повышает концентрацию внимания, а низкая утром и вечером помогает организму успокоиться.

Недостаточное освещение оказывает негативное влияние на работоспособность зрительного аппарата, на эмоциональное и психическое состояние человека. Также оказывает негативное влияние неравномерное освещение или световые приборы с низким коэффициентом цветопередачи и высоким коэффициентом пульсации. Это приводит к утомляемости зрительного аппарата и уменьшению работоспособности человека.

Влияние недостатка света: в мозге человека вырабатываются - гормон сна мелатонин и гормона стресса – кортизол. Мелатонин вырабатывается в темноте или при низкой освещенности. Секретция кортизола происходит при высоком уровне освещенности. Диапазон выработки гормона бодрости кортизола составляет от 300 Лк до 1000 Лк, потом «эффект бодрости» не изменяется.

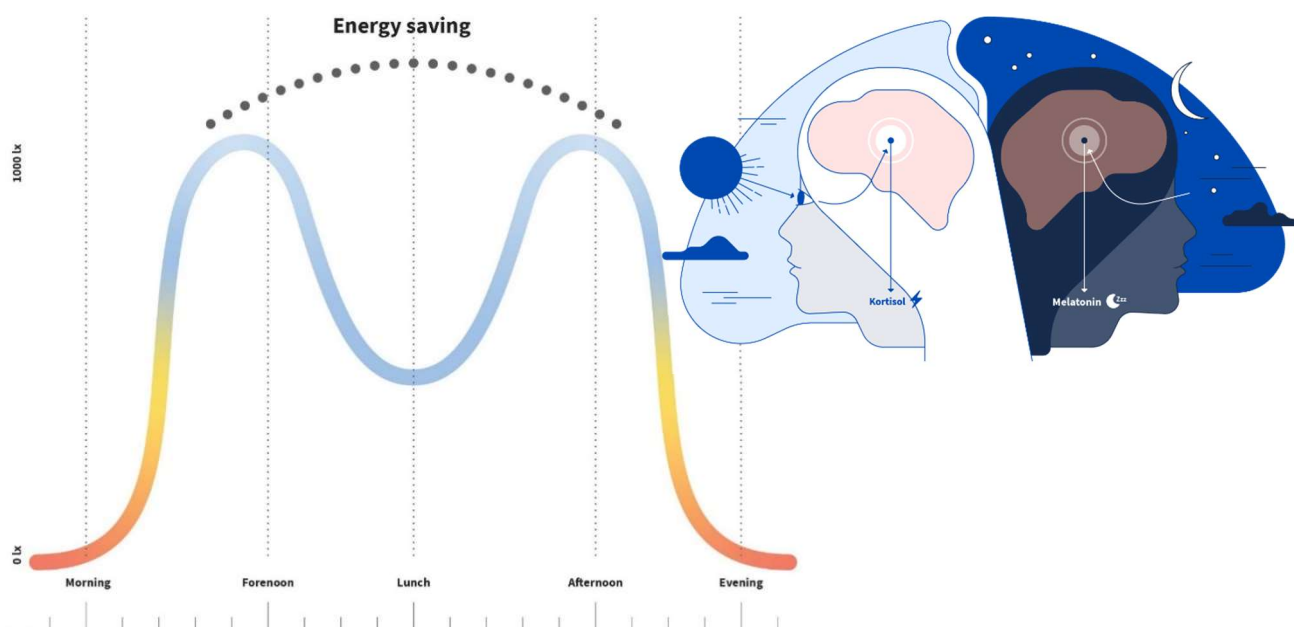


Рисунок 2 – График зависимости освещенности и цветовой температуры от времени суток

Также в течение дня меняется цветовая температура. Для каждого человека предпочтительна своя цветовая температура для комфорта глаз, в отличие от количества света в помещении. Однако, считается, что синий цвет оказывает на человека более возбуждающее воздействие, нежели теплый свет.

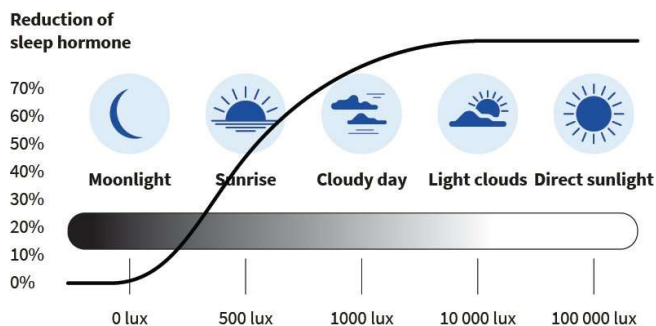


Рисунок 3 – Снижение гормона сна в зависимости от освещенности

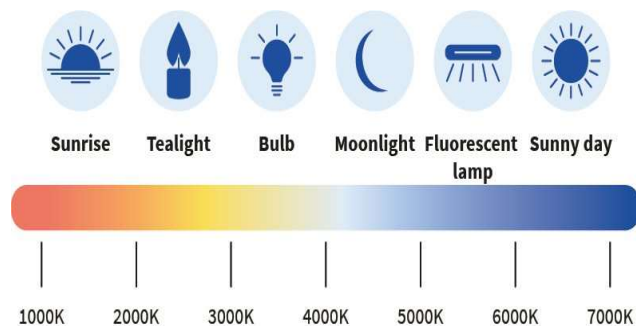


Рисунок 4 – Источники света (по шкале цветовой температуры)

Объединив влияние цветовой температуры и интенсивности света в течение дня можно получить результат от искусственного источника наиболее приближенным к естественному освещению, что придаст работнику и учащемуся более комфортную работоспособную световую среду на протяжении рабочих суток.

1.3.2 Роль и учет дневного света

В соответствии с национальными стандартами по управлению электроэнергией с 2009 года ведущие страны мира начали масштабный переход на энергосберегающие источники света. В России порядка 18-20 % электроэнергии расходуется на освещение [8].

Учитывая роль естественной освещенности системой искусственного освещения в повседневном мире из-за изменяющейся солнечной активности и длины светового дня в течение сезона, года или нескольких лет, можно добиться сбалансированного результата освещения и разрешить проблему глобальных вопросов энергосбережения.

В учебные помещения должно присутствовать естественное освещение в обязательном порядке. Требуется проектировать боковое левостороннее освещение. Если учебное помещение имеет глубину более 6м, то возможно проектирование двухстороннего освещения. При этом высота правостороннего просвета

должна быть не менее 2,2м от потолка. Направление основного светового потока сзади или спереди от учащихся не следует допускать в принципе.

Существует нормированная характеристика естественное освещённости - КЕО (коэффициента естественной освещенности) и в учебных помещениях этот коэффициент составляет 1,5% на расстоянии 1 м от стены, противоположной световым проемам при одностороннем боковом естественном освещении. А неравномерность естественного освещения в подобных помещениях не должна превышать 3:1 [9].

Каждый день имеет место пик солнечной активности, при котором в искусственном освещении нет необходимости и дневного света вполне достаточно. Именно поэтому факт экономии электроэнергии важен в вопросе освещения.

Около 60% школьного персонала проводит большую часть своего рабочего времени в помещении при искусственном освещении 25% своего рабочего дня. Поэтому адаптация освещения для персонала, учащихся нужно учитывать при проектировке освещения. За счет применения инновационных решений можно осуществить эффективное использование энергоресурсов. При этом новые установки помогут не только сэкономить, но и упростить привычный образ жизни или хотя бы не изменить его. Существуют системы, которые могут работать как в ручном, так и в автоматическом режиме. Автоматические системы способны учитывать дневной свет и постоянно поддерживать один и тот же световой поток в течение дня. Они «обучаются» в течение непродолжительного времени и подстраиваются под конкретное образ жизни человека или под функционал конкретного помещения.

2. Интеллектуальное освещение в образовательных учреждениях

Учебное помещение — это динамичное место, где проводится множество обучающих мероприятий. Каждое учебное помещение выполняет свою функцию, чтобы способствовать обучению: спокойствия и безопасности, место прилива энергии для выполнения активных действий. С помощью правильных световых решений можно создать учебную среду, которая дает всем учащимся хорошие возможности для получения пользы от обучения.

Примером концентрации световых ресурсов, обеспечения комфортного сбалансированного освещения становятся системы интеллектуального освещения. Внедрение систем управления освещением актуальная и развивающаяся на сегодня область, в том числе в сфере цифровых решений и световых коммуникаций. Разработки компаний, например таких как «Световые технологии» Россия, «Fagerhult» Швеция, «Signify» (бывш. Philips Lighting с 2019 года) Нидерланды и их реализацию объектов по управлению освещением широко представлена во всемирной сети Интернет. Внедрения этих систем в образовательные учреждения пока продвигается очень медленно. Однако ряд примеров и данных [10,11] по факту энергосбережения, обеспечения сценариев автоматического реагирования на условия сохранения оптимальных условий освещения в помещениях на базе систем управления освещением дают понять, что подобные шаги будут предприниматься и реализовываться, в том числе в учебных аудиториях и зданиях.

2.1 Цифровая среда управления освещением

Современное освещение — это безусловно системы интеллектуального и цифрового решения. В эпоху светодиодного освещения и развития компонентов микропроцессорной техники в сочетании с программным обеспечением, становятся возможными световые решения и мониторинг данных по освещению в условиях цифрового формата. Достаточно установить светодиодное сетевое световое решение с встроенными датчиками и воспользоваться программным обеспечением и его аналитическими возможностями, чтобы повысить эффективность

эксплуатации здания и оптимизировать расход электроэнергии для создания экологичного «умного» освещения [12]. Для того чтобы стимулировать производительность труда и сократить объем потерянного времени на механическое регулирование светового потока в помещении – нужно установить систему по управлению освещением. С ней реально изучить аналитику присутствия дневного света, открыв для себя потенциальные возможности по экономии электроэнергии.

По данным, представленным в [13] все системы управления освещением, можно разделяются на несколько типов:

1. По типу управления:

- автоматизированные системы – управление производится, благодаря электронным аппаратам запуска ламп, самостоятельно пользователем;
- системы автоматического управления – управление может осуществляться в автоматическом режиме — от датчиков света, движения, времени и др.

2. По габаритам помещений или количества управляемых источников света:

2.1 Локальные – управление одной группой светильников:

- Системы управления только светильниками;
- Системы управления освещения помещений, в которые могут входить различные датчики освещенности, шлюзы и т.д.

2.2 Централизованные – управление большого числа автономно управляемых групп:

- Специализированные только на освещении;
- Системы общего назначения, в которые могут входить взаимосвязи с пожарной сигнализацией и др.

3. По типу монтажа:

- Основная система (шинные) – реализуется в полной мере на больших пространствах после дополнительных ремонтных работ или на этапе планирования здания/помещения;
 - Сетевая система (локальные) – для зданий, в которых нежелательно или нельзя проводить дополнительные ремонтные работы и прокладывать «лишние» кабели, например, для системы DALI, реализуют через уже существующие осветительные сети. Подходит только для локальных систем управления.
4. *Для особых пользователей:* дети, пожилые люди, работники в опасных условиях труда и др.
 5. *По географическому местоположению.*

Одной из современных реализаций по управлению освещением можно привести пример «ХороШкола» г.Москва (оборудование и установка бренда Световые технологии) [14] – самая современная на сегодняшний день школа в России по организации освещения. В ней предусмотрена не только система управления, но и зоны рекреации с естественным освещением, см. рисунок 5.



Рисунок 5 – «ХороШкола» г.Москва

Шведская коммерческая организация «Fagerhult», специализирующаяся на изготовлении осветительных приборов, проектировании освещения и разработки систем управления освещением, предлагает для образовательных

организаций систему «Fagerhult Organic Respons» [15] под тезисом «Управление освещением в классах, которое само о себе позаботится». Быстрая установка всегда приветствуется, особенно в проектах по ремонту, когда время отнимает много времени, а нарушения в работе должны быть сведены к минимуму. Традиционный ремонт с заменой проводки означает большие затраты и более длительные сроки строительства. При обновлении учебной среды с помощью светильников Fagerhult Organic Respons можно повторно использовать существующую проводку и сэкономить драгоценное время. После установки сразу можно приступать к работе - согласно системе plug & play. Связь между светильниками беспроводная.












		 Presence control	 Absence control	 Daylight control	 Manual control	 Wireless system	 Wireless control via telephone	 Lux Threshold	DALI-Units	Units over relay	Units wireless
 Industrial & Storage	e-Sense Move Highbay	✓	-	-	-	✓	-	✓	20	-	-
	e-Sense Customised Stand-alone	✓	-	✓	✓	-	-	✓	20	-	-
 Классная комната	Organic Response	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	∞
	e-Sense Customised Stand-alone	✓	-	✓	✓	-	-	-	20	-	-
 Личный кабинет	e-Sense Tune	✓	-	✓	✓	✓	✓	-	-	-	10
	e-Sense Active	✓	✓	✓	✓	-	-	-	10	-	-
	e-Sense BrightSwitch	✓	-	-	-	-	-	✓	-	6	-
	e-Sense Customised Stand-alone	✓	-	✓	✓	-	-	✓	20	-	-
 Conference rooms	e-Sense Tune	✓	-	✓	✓	✓	✓	-	-	-	10
	e-Sense Active	✓	✓	✓	✓	-	-	-	10	-	-
	e-Sense Move	✓	-	-	-	✓	-	✓	-	-	15

Рисунок 6 – Системы управления освещением от Fagerhult

На сайте компании [10] предложено ряд систем (Рис. 6), которые нацелены на компоновку разных сервисов по управлению освещением, что сочетается и с применением в образовательных учреждениях. Для анализа представляет

интерес 2 из них: «Fagerhult Organic Respons» и «e-Sence BrightSwitch». Первая система «Fagerhult Organic Respons» имеет все из перечисленных в блоке сервисов, вторая «e-Sence BrightSwitch» – ограничена оптимальным набором компонентов, подходящих под спецификацию помещений типа офиса или учебного помещения. Благодаря интеллектуальной системе управления освещением Organic Respons светильники светят только тогда, когда это необходимо, что не только полезно для окружающей среды, но и является экономически эффективным. Одна особенность - регулировка дневного света, которая снижает уровень освещения в дни, когда классная комната освещается солнцем. Наконец, эта умная система отключается, когда уроки заканчиваются. Даже если последний из класса забудет выключить свет.

Система позволяет проанализировать уровень освещенности - уровни в процентах, измеренные за любой период времени, по отношению к общему потреблению светильников. Также потребление энергии - в кВт/ч за любой период времени. Стандартный расчет основан на светильнике мощностью 40 Вт. Organic Response — это интеллектуальная система управления освещением, основанная на распределенной информации между датчиками. Она оптимизирована для школьных учреждений или аналогичных больших помещений. Связь между датчиками основана на инфракрасном свете, аналогичном обычным пультам дистанционного управления. Сигнал от одного датчика, который обнаруживает присутствие естественного освещения, распространяется через пол на другие датчики поблизости. Эти датчики передают информацию дальше, но включают изменение не на полную освещенность, а на нужный уровень. Распределение продолжается с тем же эффектом, поэтому свет не включается слишком часто.

Полезная функция затемнения при дневном свете - эффективный способ оптимизации энергосбережения. Например, светильники на окнах в большом классе могут затемняться в зависимости от дневного света. Светильники, расположенные дальше в комнате, можно оптимизировать, выбрав правильный фиксированный уровень освещенности. Важно регулировать затемнение при

дневном свете, когда влияние солнечного света не доминирует, предпочтительно менее 5% от количества света, измеренного люксометром [15].

В процессе работы также можно изменить различные интересующие нас параметры, чтобы адаптировать систему к среде, в которой она установлена:

- Присутствие естественного освещения - свет включается на установленном уровне.
- Время после последнего обнаружения присутствия света - продолжительность света должна оставаться на том же уровне после последнего присутствия. Заводская установка - 10 минут. И др.

Ещё одна система – «e-Sence BrightSwitch» — это простая система управления с датчиком PIR, которая обеспечивает автоматическое включение / выключение, которое контролируется присутствием и порогом освещенности. Рабочий порог может быть установлен на трех уровнях или с ручной настройкой текущего уровня освещенности. Встроенный ИК-датчик включает и выключает один или несколько светильников. Система позволяет использовать один главный светильник и до пяти вспомогательных светильников [16].

2.2 Цифровые компоненты организации процессов управления освещением

По данным компании Fagerhult (рис.6) первая подходящая из предложенных организацией система управления «Organic Respons». Облачная платформа для анализа и управления освещением от Organic Response позволяет пользователям удаленно контролировать и управлять своей осветительной установкой. Все установленные узлы датчиков собирают, хранят и передают данные о потреблении энергии.

Для реализации нужных нам функций в этой системе понадобятся:

- Organic Response I/O box.

Это бокс с беспотенциальным 8А/16А реле для управления внешними устройствами. Простыми словами — это выключатель для внешних устройств,

который включается/выключается не вручную человеком, а электрическим способом, с помощью подачи управляющего сигнала.

— Organic Response IoT Gateway.

Шлюз для подключения к Organic Response Portal. Включает блок питания и настенный кронштейн. Управляет максимально 150 датчиками.

— Organic Response настенная панель.

Беспроводная кнопочная настенная панель для связи и управления.

— Внешний датчик, включая DALI PSU Organic Response.

Датчики обнаружение и измерения освещенности на каждом рабочем месте или определенном количестве рабочих точек в помещении.

— Наружный датчик Organic Response, вкл. DALI PSU, крепление на шину.

Внешний датчик измерения освещенности для подачи сигнала на несколько световых приборов, например, такой датчик ставится на шину из пяти светильников, находящихся над каждым рабочем месте в ряду, тем самым измерив на установленном для датчика рабочем месте будет подан сигнал о подаче определенного уровня освещения сразу на 5 светильников. Также чаще всего этот датчик имеет функцию главного датчика, которые передает сигнал на ближайшие вспомогательные датчики.

— ИК-порт для Organic Response.

ИК-передатчик для настройки светильников с датчиком Organic Response. Благодаря этому датчику передается сигнал от одного датчика к ближайшему и так по цепочке. Также этот датчик необходим для ещё одной функции, которая включена в систему, но которую можно отключить по желанию, - контроль присутствия [17].

Вторая система BrightSwitch появилась намного раньше и работает значительно проще первой. Она потребует меньше затрат, но и результат у неё будет не настолько достоверным, как у первой системы. Здесь используется только датчик освещенности, который можно подключить максимально до 5 светильников, на которые он и будет подавать сигнал, на какую мощность им нужно будет

работать и нужно ли им включаться в принципе. Датчик измеряет на рабочей высоте уровень освещенности и передает сигнал светильнику. На этом работа всей системы заканчивается. Данную систему можно регулировать пультом дистанционного управления и по желанию потребителя приобрести датчик не только на измерение естественной освещенности, но и с функцией ИК-измерения для контроля присутствия человека в помещении. «e-Sense BrightSwitch — это система управления освещением, в которой встроенный ИК-датчик контролирует подключенные светильники. BrightSwitch обеспечивает автоматическое зажигание / тушение или затемнение между высоким / низким уровнем, контролируемым присутствием и окружающим освещением.» - как представлено в брошюре системы. В этой системе, как можно заметить, нельзя выставить определенный промежуточный процент освещенности, только высокий – 100%, средний – 50% и низкий 25%. Датчик начнет работать от определенного от заданного порога освещенности, а именно 70%, т.е. если заданная освещенность на рабочем месте на высоте 0,8 м от пола должна составлять 500 Лк, то датчик включит светильники на полную мощность уже от 350 Лк. Это не позволит максимально экономить электроэнергию, но уже даст возможность преподавателю или обучающимся не реагировать на недостаток освещения при низких показателях освещенности – можно не отвлекаться от учебного процесса как ученикам, так и учителю.

По всему миру развиваются и внедряются системы автоматизации во всех отраслях, в том числе в области светотехники. Крупные компании производят выгодные и удобные системы по управлению освещением, которыми в скором будущем смогут пользоваться как большие государственные организации, так и частные коммерческие. Несомненно, интеллектуальное цифровое решение по управлению освещением создаст в учебном помещении комфортную световую среду для обучения. Также после длительного использования систем сведутся к минимуму затраты на электроснабжение здания, что приведет к значительной экономии электресурсов.

На 2021 год в городе Томске насчитывается порядка 61 муниципальных автономных дошкольных образовательных учреждений, 67 муниципальных автономных общеобразовательных учреждений средняя общеобразовательного образования, 15 муниципальных автономных образовательных учреждений дополнительного образования, 22 государственных учреждения профессионального образования, 6 государственных университетов высшего образования [7]. Итого в городе Томске около 171 государственных образовательных учреждений, и все они могут перейти на автоматизированное управление освещением. Город Томск – административный центр Томской области, которая включает в себя также множество территориальных единиц: другие города и села, в которых тоже имеются образовательные учреждения, нуждающиеся в качественных условиях для обучения. Помимо государственных учреждений в России большое количество частных школ и институтов, а также учреждений дополнительного образования. На 2021 год в открытом доступе сети Интернет не обнаружилось информации, касающейся реализации систем управления освещением в образовательных учреждениях города Томска или Томской области, поэтому для данного региона этот переход будет «открытием» со стороны экономии электроэнергии в таком количестве образовательных учреждений, а также положительно повлияет на организацию освещения в общем.

3.1 Представление и анализ экспериментальных данных

Объектом исследования для наблюдения за изменением дневного света или фона естественной освещенности в учебных аудиториях стали два помещения ТПУ ауд. 233 и 235 в учебном корпусе 16 «Б» по адресу ул. Тимакова д.12. Окна этих аудиторий выходят на запад, поэтому в утренние часы свет солнца минимален, с течением времени к полудню и выше можно наблюдать прямые солнечные лучи. Переменная составляющая фона естественной освещенности зависит также от состояния неба, времени года, времени суток.

Учебный процесс в ВУЗе длится 2 семестра: осенний с сентября по январь и весенний с февраля по июнь по расписанию шестидневной рабочей недели. Занятость аудиторий преимущественно в утренние и дневные часы, с длительностью нахождения постоянного учебного процесса от 1,5 до 8 часов.

Исходя из наблюдений и присутствия в аудитории 233 в осенний период дневной свет распространяется равномерно от окна, но искусственный свет горит практически всегда, так как партам вдалеке от окна, а в пасмурное время и посередине, не хватает света даже днем. В весенний период света около окон предостаточно, что даже доставляет иногда дискомфорт при долгой работе с белой бумагой, самым дальним партам от окна часто приходится включать дополнительно искусственный свет. Рабочие места посередине представляют из себя совмещенные по двое парты, выстроенные друг к другу в ряд. Имеется 4 режима включения световых приоров: парты у окна, парты посередине разделены на 2 секции и дальние парты. Жалюзи в этих аудиториях также можно задвинуть механически. Часто из-за обилия солнечного света в весенний период на экране от проектора не видна картинка и текст презентуемого. Источниками света здесь являются люминесцентные лампы.

В 235 аудитории– светодиодные световые приборы по типу Армстронга, но поскольку свет распространяется от окна в спины студентов и прямоком на экран от проектора ситуация с равномерностью распределения дневного света не всегда комфортная и удобная для зрительной работы. Расположение задних парт удалено от окна и в осенне-зимний период сказывается недостаток дневного света даже там. Режимы включения световых приборов здесь 3 вдоль каждого ряда, но это не позволяет достичь нужного баланса распределения освещения. Свет солнца от окна в весенний период радует, однако его перенасыщенность доставляет иногда заметный зрительный дискомфорт на учебных рабочих местах.



а

б

Рисунок 7 - Учебные аудитории 233 (а) и 235 (б)

Ход эксперимента заключался в производстве измерений освещенности в аудитории в разный период (зима, весна) проведенный учебных занятий в течение учебного дня (у утра до вечера). Важным обстоятельством служило уточнить фактор присутствия дневного света и его распространение в учебных аудиториях, с целью анализа и рассмотрения проектного решения с позиции управления освещением.

Для обобщения и анализа также использовались известные (опубликованные) данные по [18,19]. На рис.8 (б) представлен график зависимости продолжительности светового дня от даты и рис.8 (а) значение максимальной освещенности за день - в течение 2020/2021 учебного, пунктиром отмечена зона между данными на период фактического состояния и состояния прогноза. Прямоугольником отмечены даты, в которые проводились измерения освещенности в аудиториях. Для экспериментов были взяты дни с продолжительностью светового дня в 7 часов и в 15, что дает проанализировать освещенности от дневного света в учебной аудитории в период короткого и длинного светового дня.

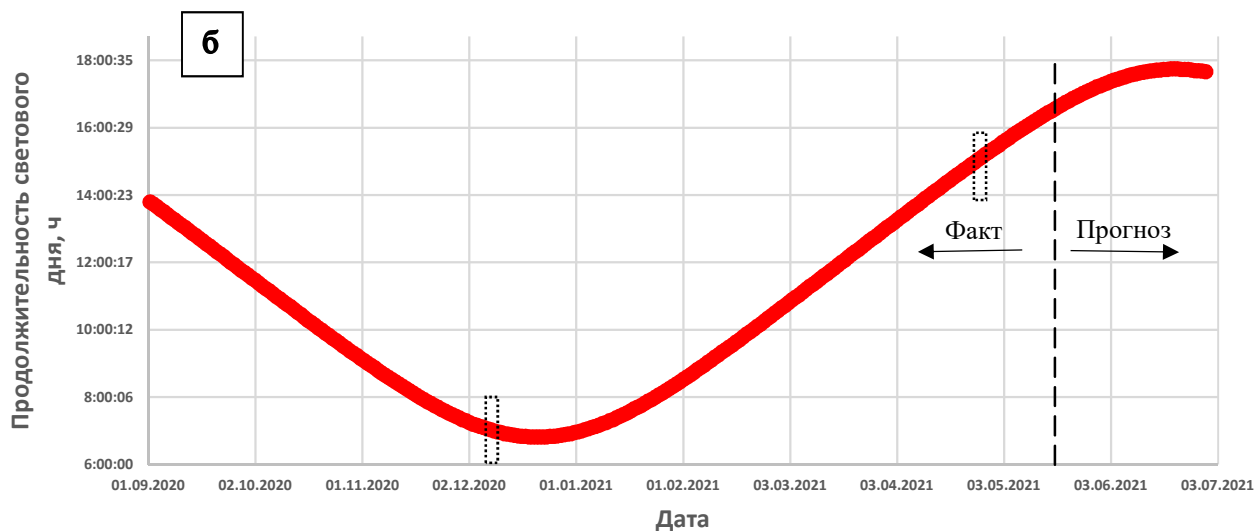
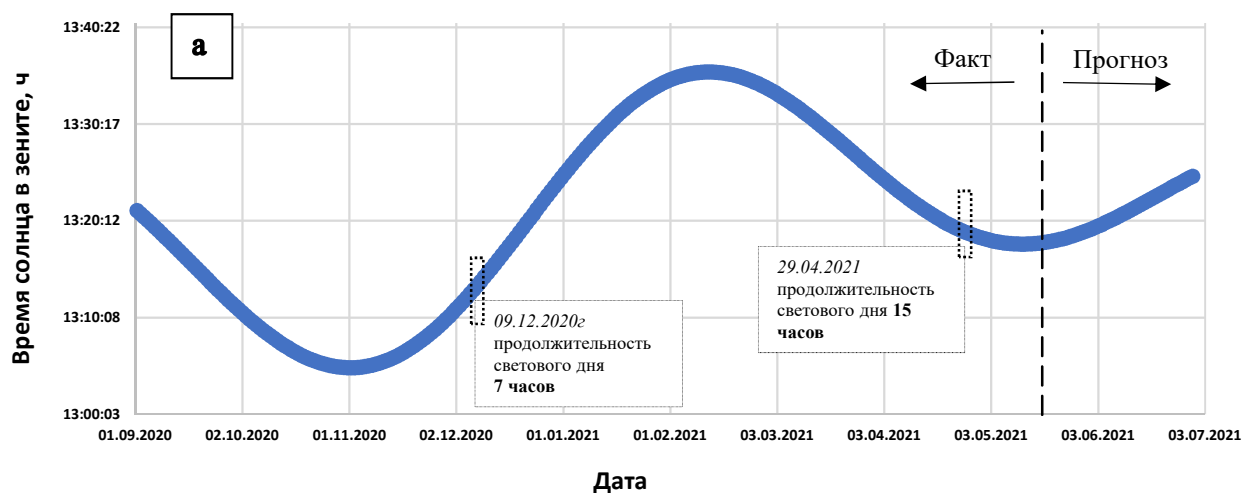


Рисунок 8 - Графики зависимостей: а - максимальной освещенности от даты; б - продолжительности светового дня; в течение 20/21 учебного года

Учебный год длится примерно 9 месяцев для учеников и 10 для студентов (с учетом всех каникул помимо самых продолжительных – летних). Рассматривая учебные аудитории ТПУ в качестве основных, будем полагаться и на сетку занятий ТПУ (табл.4):

Таблица 4 – Сетка учебных занятий

№	Начало	Конец
1	08:30	10:05
2	10:25	12:00
3	12:40	14:15
4	14:35	16:10
5	16:30	18:05

Для проведения измерений были взяты 9 точек (рис. 9) согласно МУК 4.3.2812-10 «Инструментальный контроль и оценка освещения рабочих мест» [20] и ГОСТ 24940-2016 «Методы измерения освещенности» [21]. Помещения схематически разбиты на равные по площади 9 квадратов для изображения точек (синих кругов) измерения освещенности по ГОСТу. Красным крестиком же изображены точки реальных экспериментальных измерений освещенности на рабочих столах. Желтыми стрелочками обозначено направления распространения дневного света в помещениях. Для значений освещенностей по ГОСТу можно воспользоваться программой DIALux Evo [22].

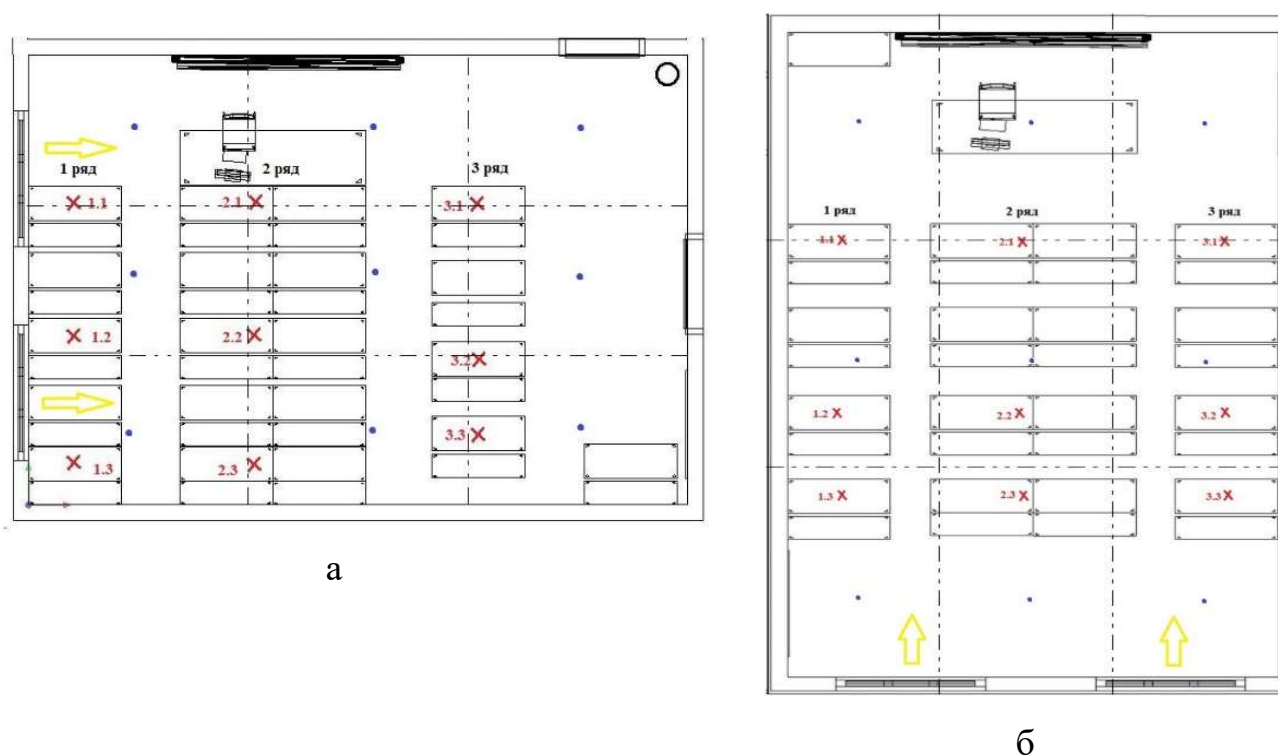


Рисунок 9 - Схематическое изображение положения контрольных точек в аудиториях 233 (а) и 235 (б); ● (точка) – согласно [20,21], x (крестик) – позиции измерений согласно расположению нескольких рабочих мест по рядам

Значения были измерены люксметром-яркомером «Аргус-12» (рис. 10). Аргус-12 люксметр-яркомер предназначен для измерения освещенности, создаваемой естественным светом и различными источниками искусственного освещения, и яркости самосветящихся объектов.



Рисунок 10 – Люксметр-яркоммер «Аргус-12»

Принцип работы люксметра-яркоммера основан на преобразовании светового потока, создаваемого естественным и искусственным светом, в непрерывный электрический сигнал, пропорциональный световой освещенности, который затем преобразуется аналого-цифровым преобразователем в цифровой код, индицируемый на цифровом табло индикаторного блока.

В люксметре-яркоммере Аргус-12 в измерительной головке установлен первичный преобразователь излучения – полупроводниковый кремниевый фотодиод с системой светофильтров. Показания индицируются в единицах люкс или килолюкс (1000 люкс) в режиме люксметра и в единицах Кд/м² или кКд/м² в режиме яркоммера.

В ходе наблюдений и полученных экспериментальных данных (зима 09.12.2020 г.) во время занятий искусственный свет используется в течении всего учебного дня (рис. 12-13). По данным (весна 29.04.2021 г.) (рис.14-15) можно сделать вывод о том, что следует избегать лишних затрат на электроэнергию, так как наличие дневного света является оптимальным и даже иногда излишним во время проведения учебных занятий. Однако следует также отметить, что ситуация наличия дневного света является нестабильной, и часто изменчивой по состоянию распределения освещенности в пространстве помещения, то целесообразно рассматривать варианты управления и регулирования освещения для создания освещенности постоянного оптимального характера.

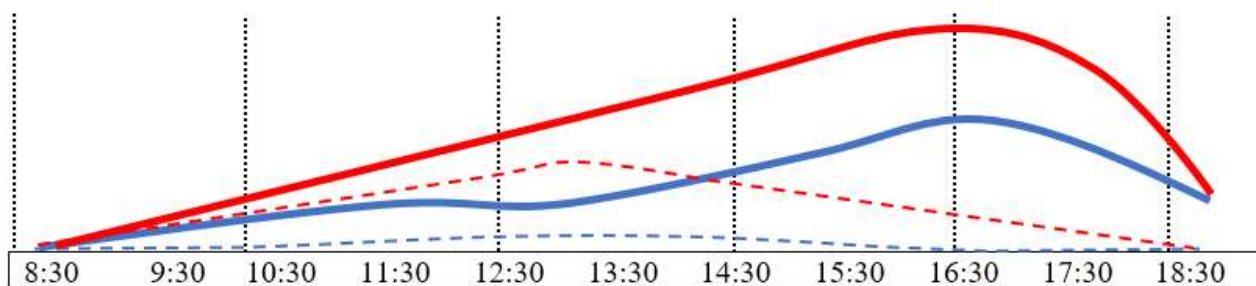


Рисунок 11 – Схема распределения дневного света в аудиториях по данным эксперимента

На рис.11 представлена схематическое распределение освещенности в течение дня по данным эксперимента. Красным цветом показан дневной свет в 233 аудитории, синим – дневной свет в 235 аудитории, штриховыми линиями выделены экспериментальные данные в осеннем семестре (09.12.2020), сплошной линией – в весеннем (29.04.2021), толстыми линиями указаны парты ближайšie к окну, тонкими линиями – самые дальние от окна.

На рис.12 представлены измерения и данные моделирования (вид сверху (4) и вид 5 - распределение изолиний распространения дневного света от окна) помещения аудитории на предмет распределения дневного света в пространстве с помощью программного комплекса DIALux evo. Точками на графиках показаны экспериментальные точки, огибающая кривая – профиль данных в течении более длительного промежутка времени для демонстрации данных в одинаковых координатах значений по захвату промежутка времени, отведенного для учебного процесса. Аналогия предоставления данных характерна для демонстрации данных для рисунков 13,14,15, с указанием аудитории, сезона и даты измерений. По измеренным значениям можно сделать вывод, что самым дальним партам от окна практически всегда требуется дополнительный искусственный свет, а вот у ближних к окну парт иногда значения освещенности от дневного света зашкаливают. В данном случае помогли бы даже управляемые жалюзи, которые убрали бы лишний поток солнечного света, чтобы избежать на рабочих местах переизбытка света. Он может негативно сказаться при работе с белой бумагой, у обучающихся может образоваться эффект «солнечных зайчиков», что доставит временный дискомфорт.

Осенний семестр. Зима (дата измерений 09.12.2020г) ауд.233

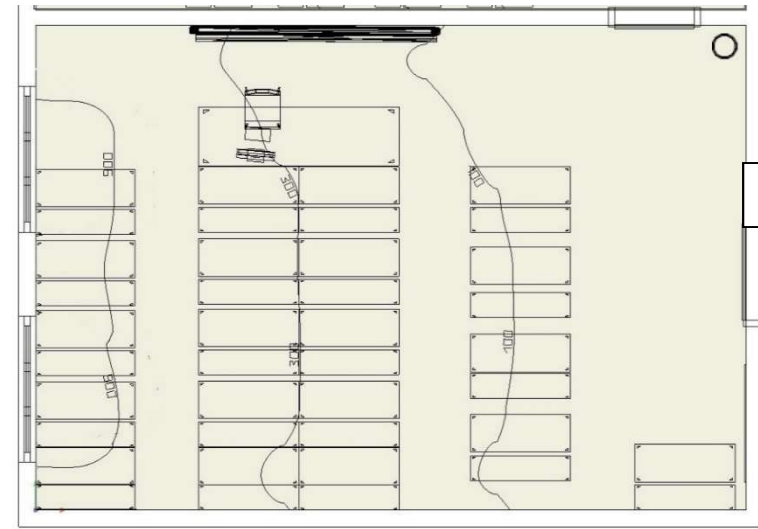
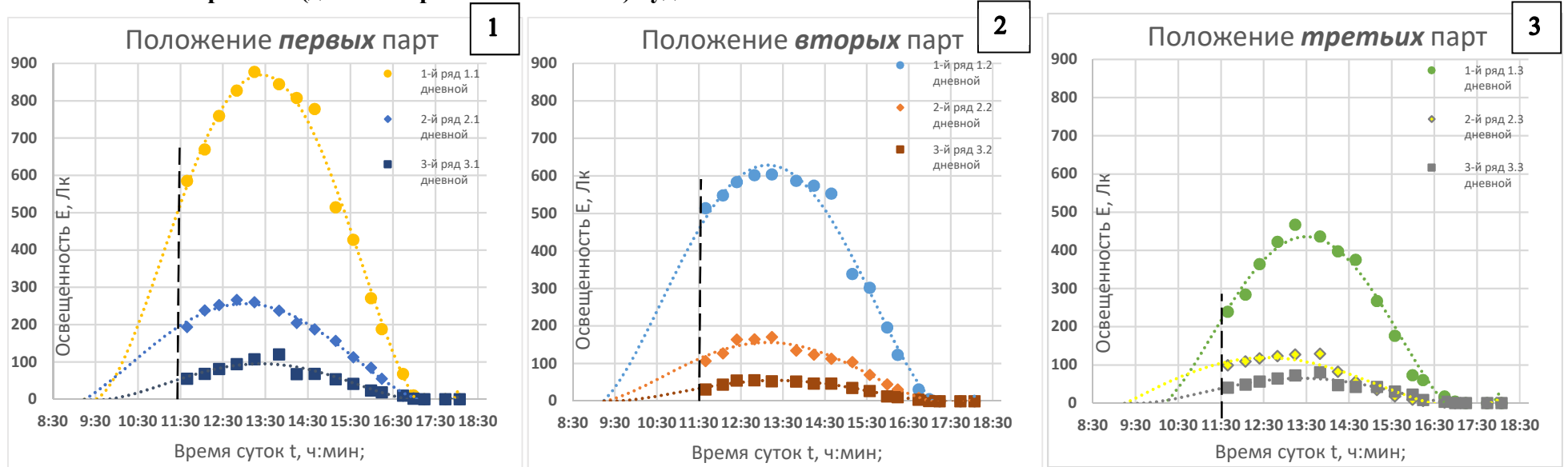


Рисунок 12 – Диаграммы освещенности от времени суток по положению парт (1,2,3) и данные моделирования аудитории (4,5) в программе DIALux Evo

Осенний семестр. Зима (дата измерений 09.12.2020г) ауд.235

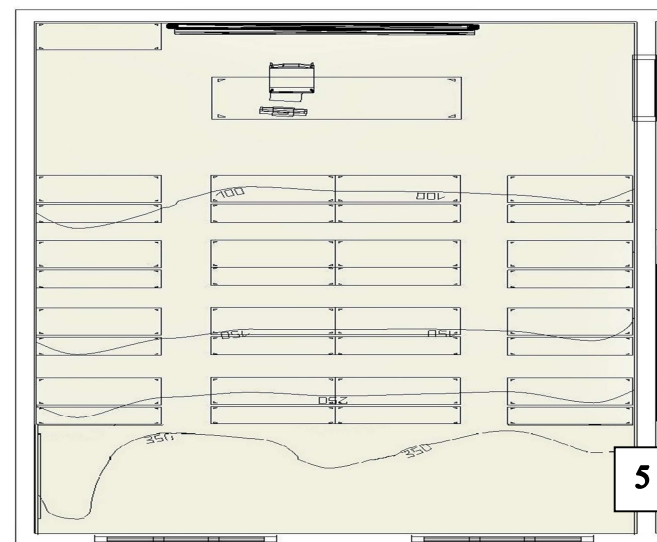
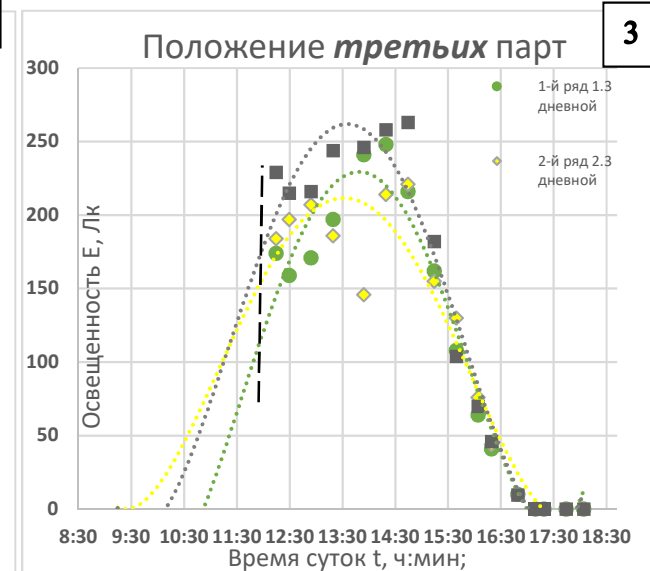
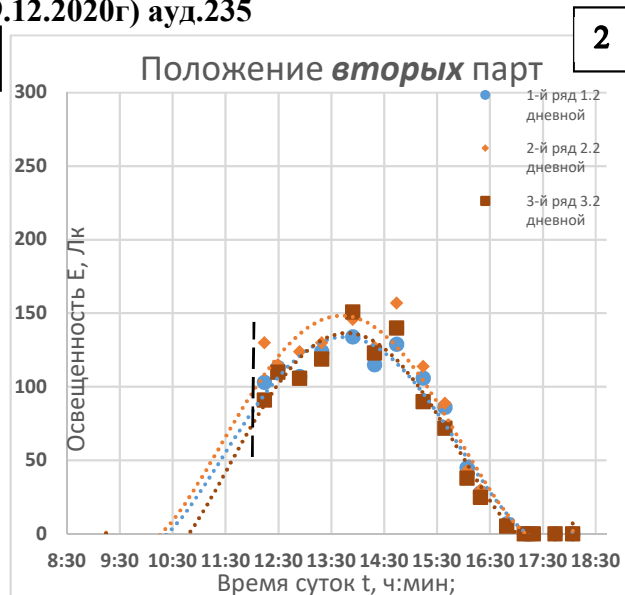
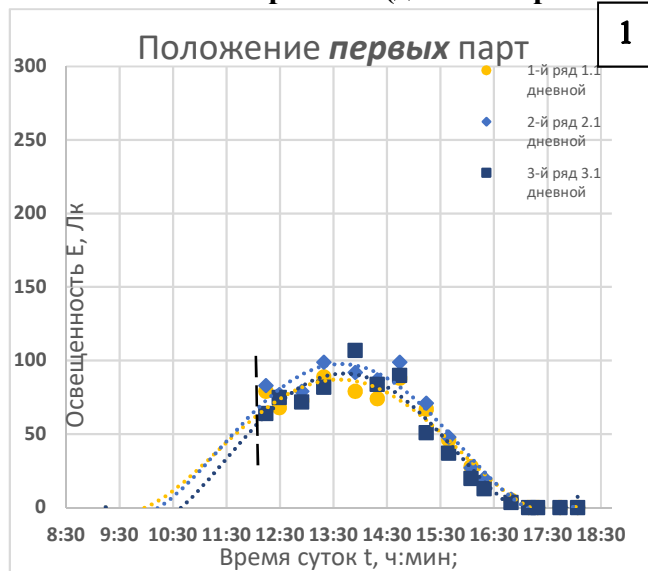


Рисунок 13 – Диаграммы освещенности от времени суток по положению парт (1,2,3) и данные моделирования

аудиторий (4,5) в программе DIALux Evo

Весенний семестр. Весна (дата измерений 29.04.2021г) ауд.233

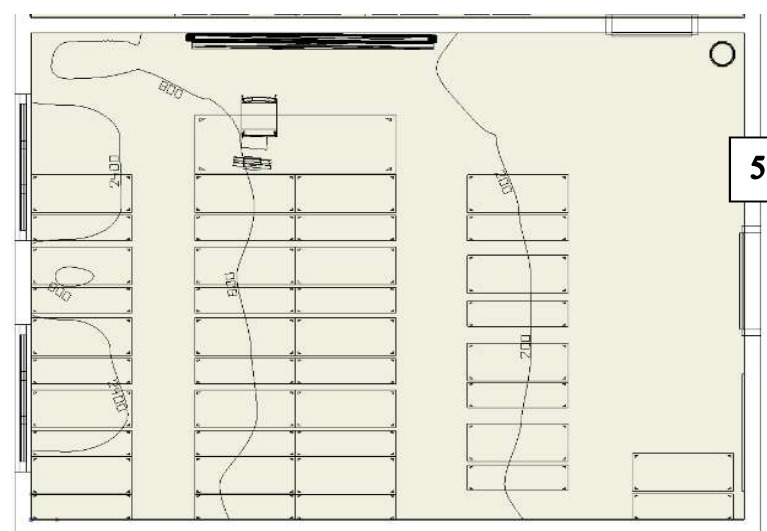
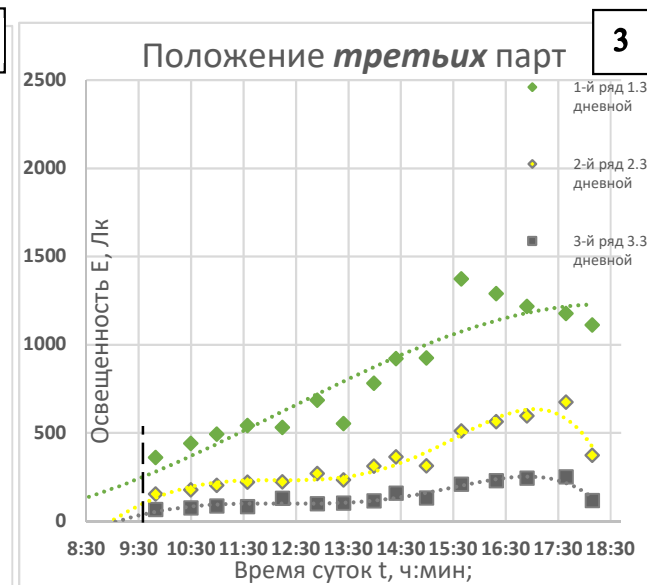
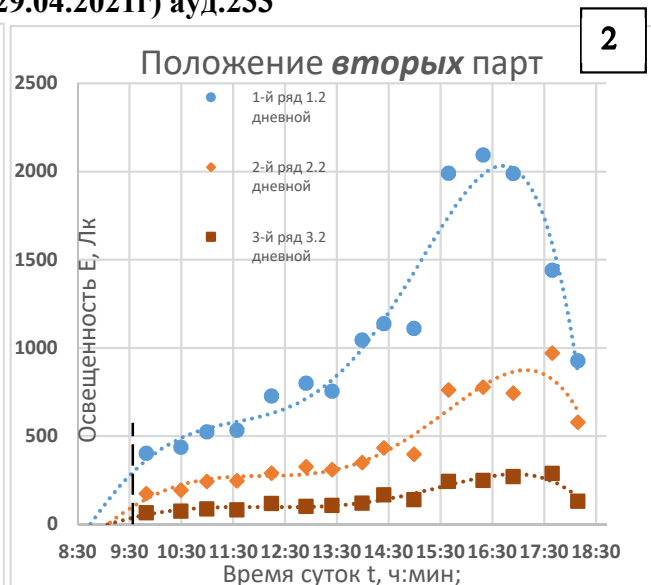
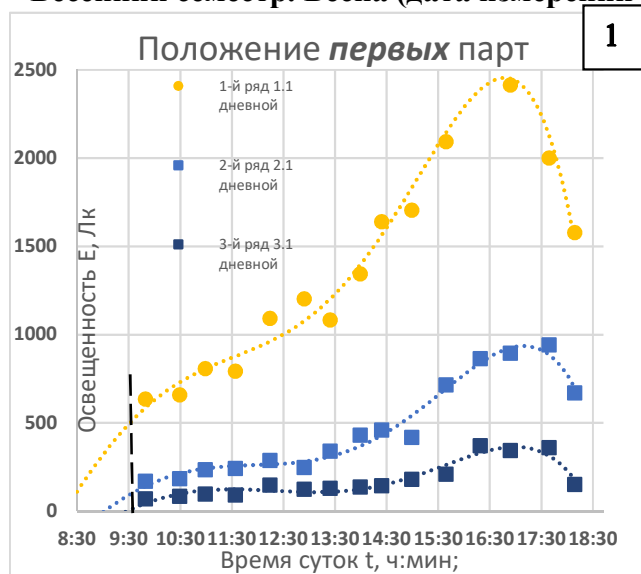


Рисунок 14 – Диаграммы освещенности от времени суток по положению парт (1,2,3) и данные моделирования

аудиторий (4,5) в программе DIALux Evo

Весенний семестр. Весна (дата измерений 29.04.2021г) ауд.235

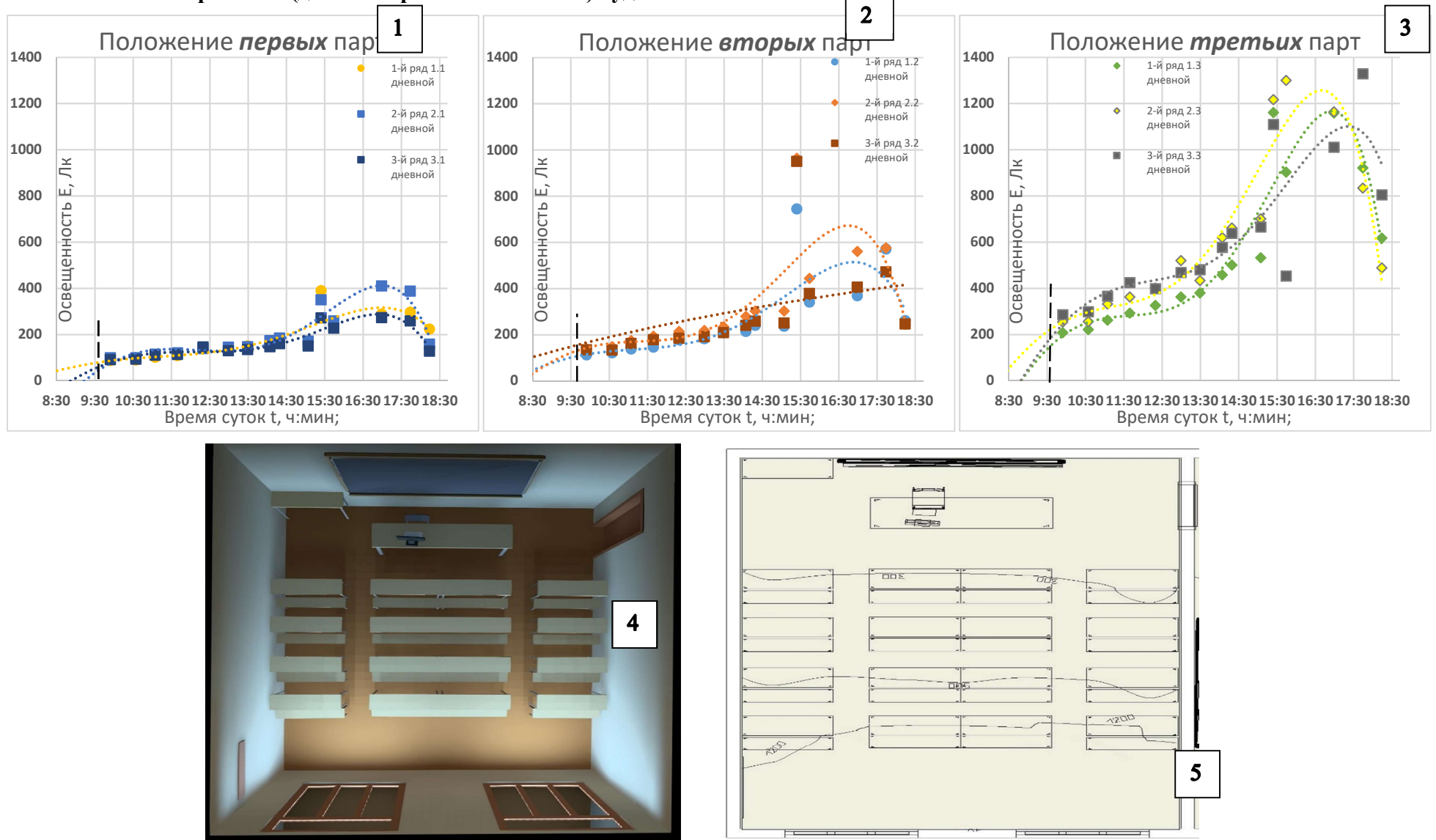


Рисунок 15 – Диаграммы освещенности от времени суток по положению парт (1,2,3) и данные моделирования

аудиторий (4,5) в программе DIALux Evo

Все изолинии на рисунках были построены согласно максимальным значениям освещенностей от дневного света ближних к окну парт. Судя по графикам (рис. 12-15) можно сделать вывод, что в зимний период в 233 аудитории максимальное значение на первых к окну партах составляет 900 Лк, на вторых около 600 Лк., на третьих около 500 Лк. Весной эти значения увеличиваются примерно в 3 раза: для первых парт значения достигают 2500 Лк, для вторых 2000 Лк и для третьих 1500 Лк. В часы максимальной освещенности ни в зимний период, ни в весенний включать искусственное освещение даже для дальних от окна парт не понадобится. Осенью и зимой этот период будет намного короче, чем весной.

В 235 аудитории аналогичная ситуация: значения освещенностей осенью на третьих партах составляет примерно 250 Лк, вторых – 150 Лк, третьих – 100 Лк. Весной значения увеличиваются не менее чем в 4 раза. На третьих партах 1200 Лк, на вторых 500 Лк, на первых 400 Лк. Сразу можно заметить, что в 233 освещенность менялась более равномерно от зимы к осени, а в 235 это происходит скачками. Возможно, это вызвано как раз неудачным расположением рабочих мест относительно окна.

Для того, чтобы оптимально использовать электресурсы в данных аудиториях необходимо ввести в эксплуатацию систему автоматического управления освещением, например, локальную систему управления освещением, где главную функцию будут выполнять датчики освещенности. Так как будет требоваться плавное регулирование светового потока, то в 233 аудитории понадобится замена световых приборов с люминесцентных на светодиодные источники света.

3.2 3D модель аудиторий на базе программы DIALux Evo 9.0

На базе программного комплекса DIALux Evo 9.0 был построен 3D макет помещений аудиторий в натуральную величину (рис. 16) для демонстрации данных в объеме пространства и учета расчетного раstra, охватывающего пространство в целом. При моделировании также использовались инструменты программы по учету параметров географического месторасположения объектов, чистота неба, сезон, дата. С помощью расчетных инструментов и визуализации

графических данных выполнены демонстрации по внешнему виду объектов и распределению расчетных данных.



Рисунок 16 – Фото аудиторий и их 3D макет в условиях дневного света

На рис.16 представлены ракурсы аудиторий по фото (вид слева), а также и в программе – 3D модель объекта (вид справа).

Для реализации системы освещения в проекте использованы световые приборы от компании Fagerhult. Потолочные светильники Multilume Soft 23410 (табл.5) для общего освещения со светодиодным источником света и светильник над доской Notor 65 Асимметричный 13632-533 (табл.6) также со светодиодным источником. Эти светильники были подобраны специально для того, реализация проекта по управлению освещению максимально соответствовала компонентам Organic Response, к тому же, эти два светильник подходят и для DALI-управления.

Таблица 5 – характеристики потолочного светильника
Multilume Soft 23410

Характеристики	Значение
Номинальное напряжение, В	220-240
Мощность, Вт	20
Коэффициент мощности, 100 %	0.94
Световой поток, лм	2778
Световая отдача, лм/вт	137
Индекс цветопередачи CRI	80
Цветовая температура CCI, К	3000

Таблица 6 – характеристики потолочного светильника
Notor 65 Асимметричный 13632-533

Характеристики	Значение
Номинальное напряжение, В	220-240
Мощность, Вт	20
Коэффициент мощности, 100 %	1
Световой поток, лм	2469
Световая отдача, лм/вт	132
Индекс цветопередачи CRI	80
Цветовая температура CCI, К	3000

В 233 аудитории используется 12 потолочных светильников и 1 над учебной доской. Над каждым рядом установлено по 3 световых прибора, которые подразделяются на отдельные группы светильников сцен освещения. Минимальная освещенность на рабочих местах во всех сценариях освещения составила 400 Лк (рис.17-18), на середине доски – не меньше 500 Лк.

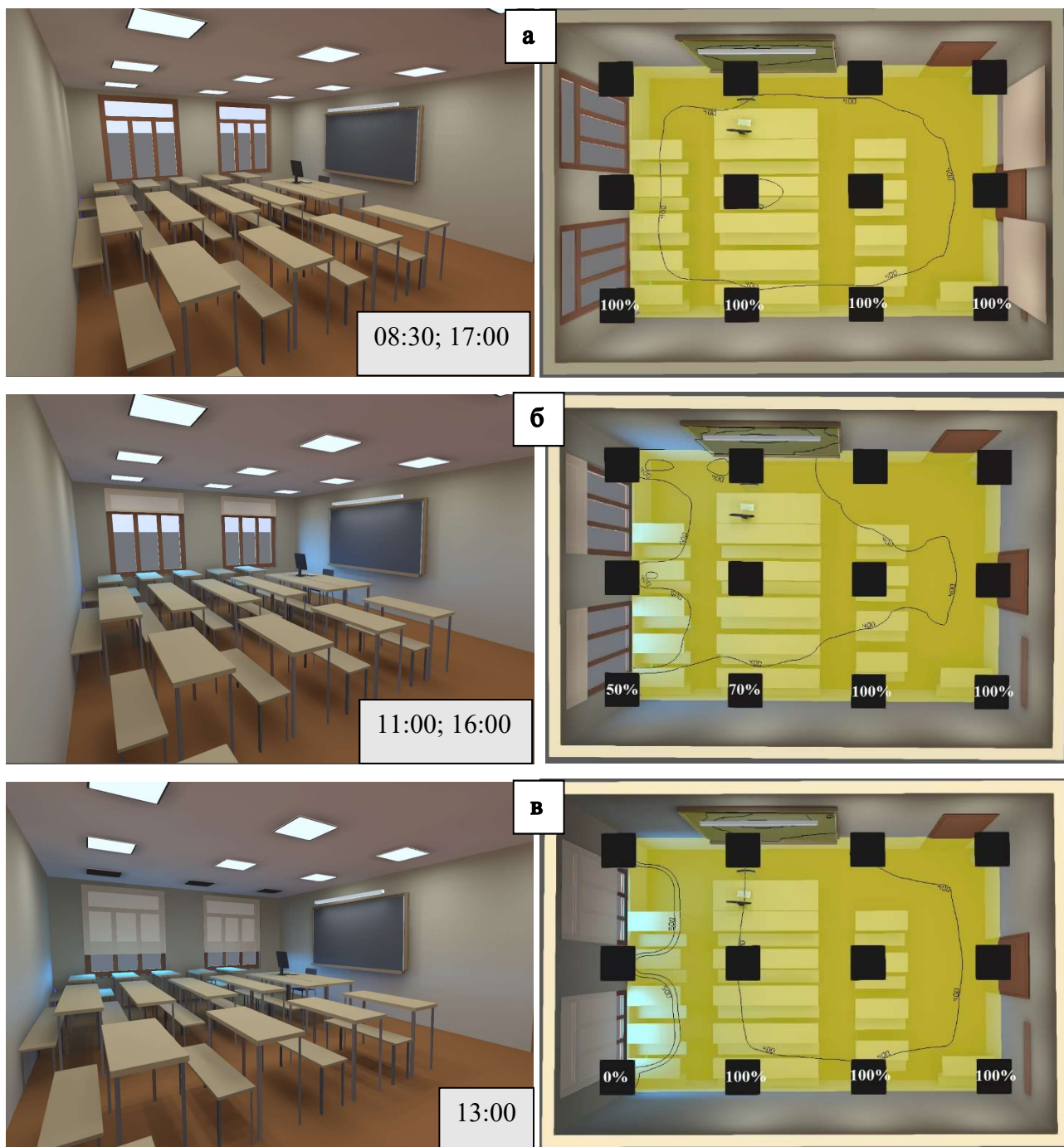


Рисунок 17 – Демонстрация системы управления освещением в ауд.233 в течение дня (09.12.2020)

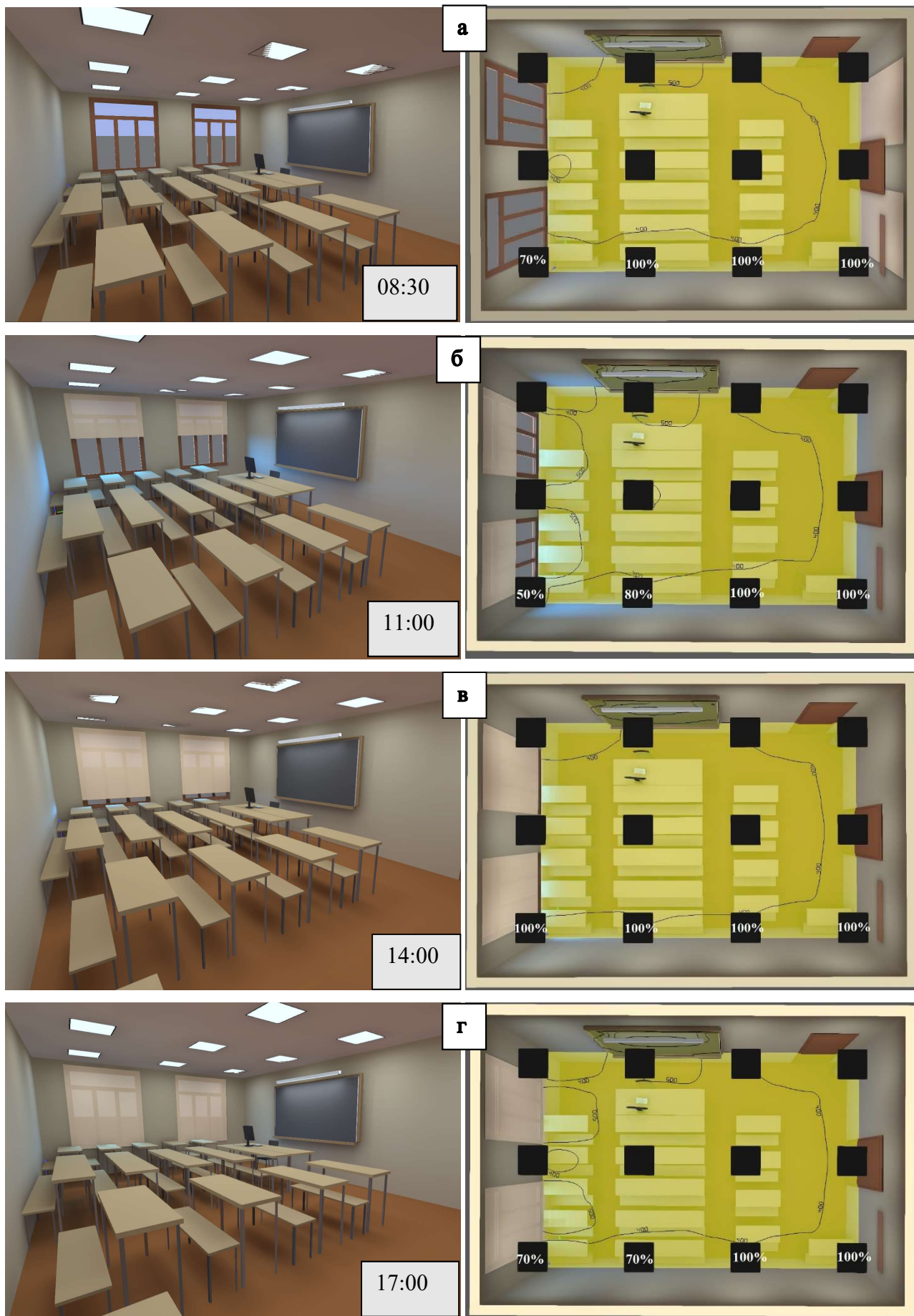


Рисунок 18 – Демонстрация системы управления освещением в ауд.233 в течение дня (29.04.2021)

В осеннем семестре (рис.17) рассвет наступает после начала учебного дня (рис.17 (а)), поэтому при открытых на максимум жалюзи все световые приборы включены на максимальное значение, чтобы получить однородное распределение искусственного света по помещению. Среднее значение освещенности составляет 410 Лк на рабочей высоте 0,8м. Далее (рис.17 (б)) наступает период, когда солнце светит настолько ярко, чтобы жалюзи автоматически закрылись на четверть своей длины от потолка, чтобы уменьшить прохождение светового потока, дабы избежать засветки на первом ряду, и световые приборы включаются у окна уже на 50% от своей максимальной мощности, на втором ряду снижается со 100% до 70% и на третьем и четвертом ряду остается без изменения – по 100%. Примерно в 16:00 картинка будет такой же из-за того, что количество солнечных лучей пойдёт на убыль, близясь к вечеру. Средняя освещенность достигает 449лк. Пик освещенности достигает в этот день в обеденное время – в 13:00 (рис. 17 (в)), поэтому в этот час жалюзи будут закрыты на $\frac{3}{4}$ своей длины, а световые приборы у первого ряда выключены, а на всех остальных рядах включены на максимум, чтобы добиться лучшего распределения света. Жалюзи в данном случае не закрыты полностью, чтобы зимой процесс проникновения дневного света в помещение происходил, так как в этом случае можно выключить световые приборы над первым рядом парт и добиться при этом минимальной засветки и максимальная освещенность составит при этом лишь 500 Лк, а из-за выключенных световых приборов уменьшатся затраты на электроэнергию. Средняя освещенность достигает 470 Лк.

В весеннем семестре (рис.18) солнце светит значительно ярче, что дает больше освещенности, особенно на ряды у окна. В начале учебного дня (рис.18 (а)) жалюзи всё-таки полностью открыты, а световые приборы у окна включены на 70% от максимального значения, все остальные на 100%. Средняя освещенность достигает 421 Лк. Уже во время второй пары шторы закрыты на половину, а значение светового потока от световых приборов над первым рядом снижено до 50%, световой поток над вторым рядом составляет 80% от максимального, все остальные включены на 100%. Средняя освещенность составляет 463 Лк. В

обеденное время (рис. 18 (в)) шторы закрыты на $\frac{3}{4}$ части, а все световые приборы включены на максимум. Средняя освещенность – 402 Лк. Максимальная освещенность от дневного света в этот день была достигнута ближе к концу занятий (рис. 18 (г)), поэтому жалюзи здесь опущены полностью, световые приборы двух рядов у окна включены на 70% от максимального значения, у оставшихся – на 100%. Средняя освещенность 447 Лк.

Во все дни светильник над доской был включен на максимум, чтобы добиться нужного значения освещенности в 500 Лк в середине доски.

В подобных случаях можно избежать закрытия жалюзи и система автоматически выключит светильники над ближайшими к окну рядами, но тогда на этих рядах будет освещенность порядка 1500-2000 Лк, что в 5 раз превышает среднее значение для учебных аудиторий, но при этом на дальних партах система будет стараться поддерживать режим в 400 Лк, руководствуясь только искусственным светом, так как на практике до дальних рядов не доходит достаточного количества дневного света.

Можно заметить, что и в зимний и в весенний период над двумя дальними от окна партами световые приборы включены на максимум всегда, поэтому можно сделать вывод, что равномерности освещения в учебной аудитории можно добиться варьируя либо полным выключением, в большинстве случаев, световых приборов над первым рядом парт и уменьшенного значения светового потока над вторым рядом, либо добавить в систему управляемые жалюзи, которые можно с пульта управления закрыть на определенную часть, уменьшая световой поток от дневного света. Датчики освещенности подстроятся под нужное потребителю значение освещенности на рабочей плоскости и включают на нужный процент световые приборы. Первый вариант значительно экономит электроэнергию, а благодаря второму у обучающихся не возникнет дискомфорта из-за разности освещенности в разных частях комнаты. Использовались прозрачные шторы – роллы с коэффициентом передачи 10%, в основе которых использовался мало просвечивающийся материал, такие жалюзи может подобрать и установить, например, компания «Rolatex».

Таким образом, результатом анализа полученных данных можно сказать, что система по управлению освещением поможет сэкономить энергоресурсы и главное – позволит обеспечить сбалансированного комфортное освещение постоянного характера, что в свою очередь позволяет никого не отвлекать от учебного процесса и реагировать на изменения освещенности в помещении ручным способом. Коррективы дневного света, для случая яркого света в помещении от окон, достигаются жалюзи по раскрытию их сверху вниз.

Выбранные световые приборы подходят для реализации по принципу управления освещением, заложенному в системе Organic Response, благодаря PIR-датчику контроля дневного света. Все светильники имеют функцию ведущий/ведомый с ИК-связью. Стартовый светильник с Organic Response может быть соединен со светильником для линии. Т.е. для реализации системы по управлению освещением понадобятся лишь новые датчики для системы Organic Response. Датчик включает: датчик PIR для обнаружения дневного света, ИК-передатчик, ИК-приемник. Он также имеет два светодиода, которые показывают, включена ли определенная функция. Сигнал с этих датчиков будет передан в шлюз Organic Response IoT Gateway – это внешний блок, который позволяет включать/отключать системы освещения через беспотенциальные контакты от внешних систем, что может также являться реле для управления внешних систем. Настройка этого интернет шлюза будет проходить через сенсорный узел в специальное PORTAL приложение. То есть через приложение на смартфоне можно настроить оптимальный вариант для использования.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

Выпускная квалификационная работа посвящена изучению вопросов адаптивной среды и стандартизации в области освещения аудиторий высшего образовательного учреждения на стадии компьютерного моделирования. В качестве проекта в нашем случае выступает освещение аудиторий 233 и 235 в корпусе 16 Б Томского политехнического университета. Проект нацелен на исследование количества часов, во время которых в аудиториях присутствует естественное освещение, применение в них систем управления освещением и возможную замену осветительных установок на светодиодные источники света, которые напрямую связаны с уменьшением затрат на электроэнергию.

Данный раздел ВКР содержит оценку коммерческого потенциала разработанного проекта, анализ потенциальных потребителей и конкурентных решений.

Достижение цели обеспечивается решением ряда следующих задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Потенциальные потребители результатов исследования

Решение проблемы энергосбережения в освещении предполагает переход на использование в освещении энергоэкономичных осветительной техники и технологий. Повышение энергоэффективности осветительных установок неразрывно связано с задачей комплексного снижения затрат, т. к. для потребителя важно не только снижение энергоемкости, но и срок окупаемости затрат на строительство осветительной системы.

В конечном счете эффективность осветительной установки определяется стоимостью световой энергии, вырабатываемой за срок службы осветительной установки, и в значительной степени затратами на оплату электроэнергии (ЭЭ).

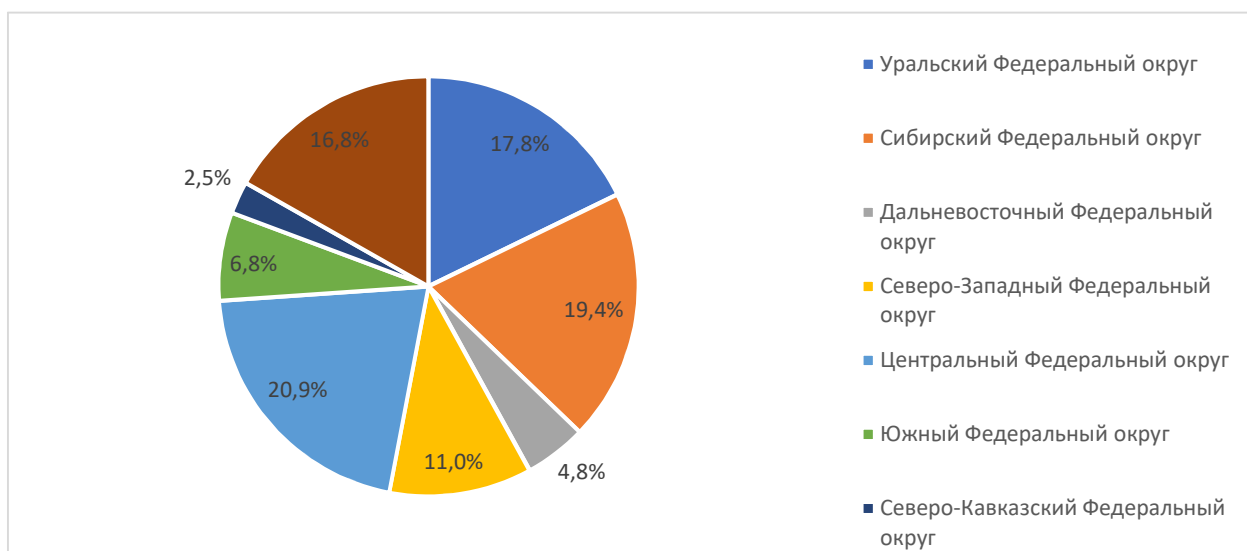


Рисунок 19 - Производство электроэнергии по федеральным округам в 2017 г.

По данной диаграмме на рис.19 видно, что в Сибирском Федеральном округе вырабатывается большое количество электроэнергии, которое расходуется в том числе и на освещение, поэтому применение разработанной установки имеет смысл.

Таблица 7.1 - Сегментирование проекта

Целевой рынок	Ожидания для потребителей
Образовательные учреждения	Повышенная световая эффективность для улучшения внимательности и сосредоточенности на работе/обучении учеников, студентов, преподавателей и др.
Медицинские учреждения	Применение на практике динамического света для сбалансированной поддержки к выздоровлению пациентов и уменьшение вреда здоровью работникам учреждения
Администрация города	Улучшенная энергоэффективность при освещении помещений для экономии электроэнергии и последующем влиянии на экологическую ситуацию на местности

Анализ конкурентных технических решений

В качестве конкурентов были взяты расчёты различных других методов экономии электроэнергии при освещении, такие как:

- Обычная замена осветительных приборов на энергосберегающие;
- Контроль человека самим за собой при отключении света выходя из комнаты и другие;
- Протирание осветительных приборов от пыли;
- Приобретение бытовой техники с энергопотреблением класса «А» и выше и другие способы.

Для анализа использовались следующие принципы экономии электроэнергии:

- Б₀ – предложенная разработка;
- Б₁ – замена источников света на энергоэффективные;
- Б₂ – расчет и использование «умного» оборудования с различными функциями (в т.ч. функция присутствия, движения и т.д.).

Таблица 7.2

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкуренто-способность		
		Б ₀	Б ₁	Б ₂	К ₀	К ₁	К ₂
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,11	5	2	1	0,55	0,22	0,11
Энергоэкономичность	0,34	8	4	3	2,72	1,36	1,02
Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,08	4	1	2	0,32	0,08	0,16
Экономические критерии оценки эффективности							
Уровень проникновения на рынок	0,05	3	3	4	0,15	0,15	0,2
Предполагаемый срок эксплуатации	0,28	7	2	3	1,96	0,56	0,84
Цена	0,14	6	2	3	0,84	0,28	0,42
Итого	1	33	14	16	6,54	2,65	2,75

Вывод по таблице:

Можно сказать, что эффективность экономических и технических критериев достаточно велика, сравнивая с распространёнными и устарелыми методами экономии – конкурентами.

Предлагается использовать в современной строительной индустрии понятие «умного» освещения, которое подразумевает систему, обеспечивающую, в первую очередь, ресурсосбережение и безопасность при помощи высокотехнологичных устройств и автоматизации. Конечно же, закладывать «умные» особенности рекомендуется еще на стадии проектирования. Однако некоторыми элементами smart-технологий можно оснастить уже используемые помещения. Автоматизированные системы управления освещением повсеместно используются в современном мире. Это не только удобно, но и экономно.

SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 7.3 - Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	0	+	+	-
	B2	+	+	-	0	0
	B3	+	+	0	+	+
	B4	+	-	-	0	+

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей, или слабых сторон и возможностей и т.д. следующего вида:
B1B2B3B4C1;B2B3C2;B3B4C5;B1C3C4;B3C4;B4C2C3;B2C3B1C5.

Таблица 7.4

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Автоматизированная система освещения отличается удобством использования.</p> <p>С2. Удобство управления системой осуществляется без участия человека.</p> <p>С3. Практичность управления системой без участия человека.</p> <p>С4. Датчики для освещения гарантируют экономию электроэнергии.</p> <p>С5. Преимущество подобных систем состоит в том, что они программируемы, а следовательно, способны работать по заранее заданному алгоритму.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Высокая стоимость системы (Сл1).</p> <p>Сл2. Большое количество нового оборудования.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Системы автоматизированного управления освещением постоянно совершенствуются.</p> <p>В2. Появляется всё больше полезных функций.</p> <p>В3. Возможность оперативного внесения корректив.</p> <p>В4. Плавный переход между режимами.</p>	<p>Разработка модели, позволяющей наиболее качественно применить технологические параметры процесса изомеризации</p> <p>Анализ производительности различных приборов и контроля освещения, используемых в любом процессе жизнедеятельности.</p> <p>Ускорение в сфере научно-технических инноваций, способствующих улучшению качества освещения</p>	<p>Ограниченные экспериментальные возможности</p> <p>Помощь специалистов в совершенствовании продукта</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Надобность в постоянной корректировке норм освещения в любых помещениях.</p> <p>У2. Высокая расчётная стоимость проекта.</p> <p>У3. Привлечение специалистов и оплата их работы комплектующих и установки.</p> <p>У4. Стоимость эксклюзивная.</p>	<p>Создание конкурентных преимуществ готового продукта</p> <p>Поиск запасных источников финансирования, спонсоров, для которых может оказаться полезной данная разработка</p>	<p>При распространении данной системы (рекламы) и последующем увеличении спроса на это упростится производство нужного оборудования, сократятся его сроки производства</p> <p>Обучение большего количества специалистов в этой области, обмен опытом</p>

Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Составим таблицу, в которой будут отражены возможные варианты исполнения по различным проблемам разработки. В таблице 2 представлена морфологическая матрица для схмотехнических решений построения генератора.

Таблица 7.5 – Морфологическая матрица

	1	2	3
А.Источник освещения	Естественное освещение	Искусственное освещение	Комбинированное освещение
Б.Система контроля	Освещенности	Движения	Присутствия
В.Регулирование светового потока	Ручное	Автоматическое	Комбинированное
Г.Скорость регулирования светового потока	Резкое изменение	Плавное изменение	Любое

Выбор наиболее желательных функционально конкретных решений:
АЗБ1ВЗГЗ.

Планирование научно-исследовательских работ

Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в чей состав входят: инженер-бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ (таблица 3.1).

Таблица 8.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Выбор темы ВКР. Постановка задачи	Научный руководитель, инженер
	2	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, консультант ЭЧ, СО, инженер
	3	Календарное планирование работ	Научный руководитель, инженер
	4	Изучение необходимой литературы	Инженер

Теоретические и экспериментальные исследования	5	Подбор и анализ учебных аудиторий ТПУ	Инженер
	6	Разработка 3D-модели исследуемого объекта	Инженер
Обобщение и оценка результатов моделирования	7	Проведение анализа полученных результатов	Научный руководитель, инженер
	8	Разработка системы, согласно 3D-модели объекта	Научный руководитель, инженер
Составление отчета	9	Оформление отчета	Инженер, консультант ЭЧ, СО.
Защита отчета	10	Защита проекта	Инженер

Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула (1):

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (1)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел. – дн;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле (4):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Таким образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 96 - 14} = 1,48.$$

Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу 8.2. и построить диаграмму Ганта (табл. 8.3).

Таблица 8.2 - Временные показатели проведения научного исследования

№	Трудоемкость работ												Исполнители				Т _р , раб. дн.				Т _к , кал. дн.			
	t _{min} , чел-дн.				t _{max} , чел-дн.				t _{ож} , чел-дн.															
	И	НР	К _{Эч}	К _{ССО}	И	НР	К _{Эч}	К _{ССО}	И	НР	К _{Эч}	К _{ССО}	И	НР	К _{Эч}	К _{ССО}	И	НР	К _{Эч}	К _{ССО}	И	НР	К _{Эч}	К _{ССО}
1	2	2	0	0	3	3	0	0	2,4	2,4	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
2	4	4	4	4	7	7	7	7	5,2	5,2	5,2	5,2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	0	0	2	2	0	0	1,4	1,4	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
4	40	0	0	0	45	0	0	0	42	0	0	0	1	1	0	0	21	0	0	0	31	0	0	0
5	3	0	0	0	4	0	0	0	3,4	0	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0
6	10	0	0	0	12	0	0	0	10,8	0	0	0	1	1	0	0	5	0	0	0	7	0	0	0
7	45	40	0	0	50	45	0	0	47	42	0	0	1	1	0	0	24	21	0	0	36	31	0	0
8	48	25	0	0	55	30	0	0	50,8	27	0	0	1	1	0	0	25	14	0	0	37	21	0	0
9	35	0	12	10	40	0	14	12	37	0	12,8	10,8	1	1	1	1	9	0	3	3	13	0	4	4
10	1	0	0	0	2	0	0	0	1,4	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Итого	189	72	16	14	220	87	21	19	201,4	78	18	16					90	38	4	4	131	55	5	5

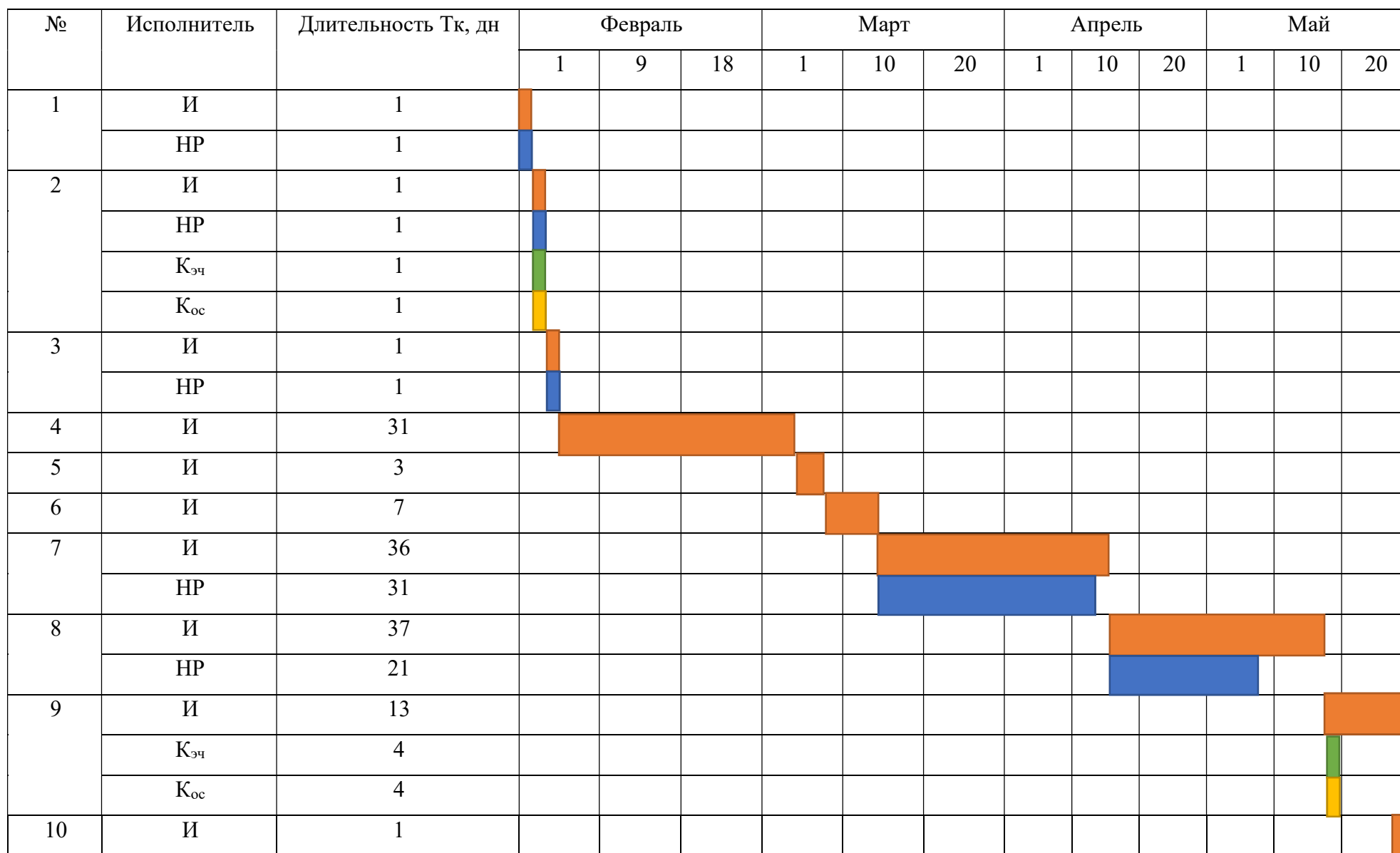
И – инженер;

НР – научный руководитель;

К_{эч} - консультант по экономической части;

К_{со} - консультант по части социальной ответственности.

Таблица 8.3 – Диаграмма Ганта



Инженер (И) – красный цвет,

Научный руководитель (НР) – синий цвет,

Консультант по экономической части (К_{эч}) – зеленый цвет,

Консультант по части социальной ответственности (К_{со}) – желтый цвет.

Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Расчет материальных затрат НТИ

В материальные затраты для данной ВКР входят только канцелярские принадлежности, использование интернета (в мбайт) и электроэнергии.

Расчет материальных затрат определяется по формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{рас\ xi} \quad (5)$$

Где, m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{рас\ xi}$ – количество материальных ресурсов i-го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i-го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 9.1 – материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество, шт			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (Z _м), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Бумага	Лист, шт.	100	130	150	1,2	1,2	1,2	138	179	207
Интернет	Мбайт (пакет)	1	1	1	450	450	450	517,5	517,5	517,5
Электроэнергия	кВт/ч	42	39	34	2,7	2,7	2,7	127,3 1	121,1	105,5
Итого								782,8	817,6	830

Основная и дополнительная заработная плата

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии и доплаты) и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} , \quad (6)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12 – 20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($З_{осн}$) научного руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p , \quad (7)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно – техническим работником, раб.дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} , \quad (8)$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

В таблице 9.2 приведен баланс рабочего времени каждого работника НИИ.

Таблица 9.2 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО
Календарное число дней	365	365	365	365
Количество нерабочих дней:				
Выходные дни	91	91	91	91
Праздничные дни	14	14	14	14

Потери рабочего времени:				
Отпуск	28	28	28	28
Невыходы по болезни	0	0	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	232	232	232	232

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = (З_{\text{тс}} + (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}})) \cdot k_{\text{р}}, \quad (9)$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30 % от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, для Томска равный 1,3.

В таблице 9.3 приведен расчет основной заработной платы.

Таблица 9.3 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	$З_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб.	$З_{\text{дн}}$, руб.	Тр, раб.дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	20000	0,35	6000	1,3	33801,755	2000	38	76000
Инженер	12000	0,35	3600	1,3	20281,755	1200	90	108000
Консультант ЭЧ	20000	0,35	6000	1,3	33801,755	2000	4	8000
Консультант СО	20000	0,35	6000	1,3	33801,755	2000	4	8000

В таблице 9.4 представлена общая заработная исполнителей работы.

Таблица 9.4 - Общая заработная

Исполнитель	$З_{\text{осн}}$, руб.	$З_{\text{доп}}$, руб.	$З_{\text{сп}}$, руб.
Руководитель	76000	9120	85120
Инженер	108000	12960	120960
Консультант ЭЧ	8000	960	8960
Консультант СО	8000	960	8960
Итого	214910	25789,2	240699,2

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (10)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (11)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2021 г. в соответствии с Федеральным законом от 05.08.2000 N 117-ФЗ (ред. от 20.04.2021) установлен размер страховых взносов равный 30,2 %.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 9.5.

Таблица 9.5– Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	76000	9120
Бакалавр	108000	12960
Консультант ЭЧ	8000	960
Консультант СО	8000	960
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,32	
Итого:	71680	

Накладные расходы

В статью накладных расходов вошла стоимость печати, а также затраты на электроэнергию. Стоимость одной печатной страницы установилась на уровне 2 рублей, всего сделано 100 страниц печати. Тогда расходы на печать и ксерокопирование составят:

$$\Pi = 2 * 100 = 200 \text{ рублей.}$$

Затраты на электроэнергию для персонального компьютера инженера-бакалавра рассчитываются по формуле:

$$\Xi = \Pi * N * n * t_{\text{зан.ч}},$$

Где, Π — стоимость 1 кВт/ ч электроэнергии, р.;

N — мощность оборудования, кВт;

n — количество единиц оборудования одного вида, ед.;

$t_{\text{зан.ч}}$ — время занятости оборудования, ч.;

$$\Xi = 3,5 * 0,4 * 1 * 310 = 434 \text{ руб.}$$

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 9.6— Отчисления во внебюджетные фонды

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	
1. Материальные затраты НТИ	782,8	817,6	830	таблица 9.1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	214910			таблица 9.3
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	25789,2			таблица 9.4
4. Отчисления во внебюджетные фонды	71680			Таблица 9.5
5. Накладные расходы	434			16% от суммы ст. 1-4
6. Бюджет затрат НТИ	313596	313630,8	313643,2	Сумма ст. 1-5

Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (12)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

В таблице 10.1 представлена сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.

Таблица 10.1 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии/ПО	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,15	3	1	2
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	5	2	3
3. Помехоустойчивость	0,05	3	2	2
4. Энергосбережение	0,25	5	3	4
5. Надежность	0,2	4	1	2
6. Материалоемкость	0,15	2	4	3
Итого:	1	3,95	2,2	2,85

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i.}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}} \text{ и т.д.} \quad (13)$$

Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (14)$$

Таблица 10.2 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Интегральный финансовый показатель разработки	0,998	0,999	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности и разработки	3,95	2,2	2,85
Интегральный показатель эффективности	3,96	2,22	2,85
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,56	0,72

Делая выводы по данной таблице, можно сказать, что реализация данного проекта и окупаемость разработки будет эффективнее, чем применение старых принципов по сравнению с новыми улучшенными.